

دو فصلنامه فناوری اطلاعات در طراحی مهندسی

دوره ششم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۲

زمان انتشار: تابستان ۱۳۹۳

شاپا: ۱۷۳۵-۱۹۸۵

علمی پژوهشی

به تائید کمیسیون بررسی و تایید مجلات علمی دانشگاه آزاد اسلامی

صاحب امتیاز: دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

مدیر مسئول: دکتر حسن احمدی ترشیزی

سر دبیر: دکتر محمد علی خلیل زاده

مدیر اجرایی: دکتر مهرداد جلالی

کارشناس: مهندس مجتبی حنائی

هیات تحریریه:

دکتر حسن احمدی ترشیزی: استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

دکتر مهرداد جلالی: استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

دکتر محمد علی خلیل زاده: دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

دکتر سعید راحتی قوچانی: دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

دکتر رضا قاضی: استاد، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر خلیل مافی نژاد: استاد، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر محمد مولوی: استاد، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر محمود نقیب زاده: استاد، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر مجید وفائی جهان: استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

نشانی دبیرخانه: مشهد- قاسم آباد- دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد- دبیرخانه مجله

تلفن و نمابر: ۰۵۱-۳۶۶۲۵۰۵۵ +۹۸ پست الکترونیک: tejournal@mshdiau.ac.ir آدرس سایت:

www.js.mshdiau.ac.ir/jte

چاپ: انتشارات سخن گستر

صفحه آراء: نقیسه اسماعیلی

طراح جلد: مهندس

این مجله بر اساس نامه شماره ۸۷/۱۴۶۳۷ مجوز انتشار از کمیسیون بررسی و تایید مجلات علمی دانشگاه آزاد اسلامی دارد و طبق نامه شماره ۸۷/۲۳۹۷۳۱ پروانه انتشار از هیئت انتظار بر مطبوعات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی دریافت نموده است و براساس نامه شماره ۸۷/۲۳۹۷۳۱ کمیسیون بررسی و تایید مجلات علمی دانشگاه آزاد اسلامی درجه علمی پژوهشی دارد و با کد شاپا ۱۷۳۵-۱۹۸۵ کتابخانه ملی جمهوری اسلامی شناخته می شود.

مسئولیت مطالب مندرج در مقالات به عهده نویسندگان می باشد.

نقل از این نشریه با ذکر منبع بلامانع است. استفاده از جداول نمودارها و تصاویر در سایر نشریات و کتب مستلزم کسب مجوز رسمی از نویسندگان است.

بهای نشریه: ۱۵۰۰ تومان

بسمه تعالی

سخن سردبیر

سپاس خداوند متعال را که در پرتو الطاف و عنایاتش، گامی دیگر در جهت رشد و توسعه علمی کشور برداشته شد و شماره ای دیگر از این مجله به زیور چاپ آراسته شد. از حُسن ظن و اعتماد جامعه علمی کشور، بار دیگر تشکر نموده و آرزوی توفیق بیشتر برای ایشان از درگاه ایزد یکتا مسئلت نماییم.

چند سال است که خبرهای مسرت بخشی از دستاوردهای علمی ایران عزیز اسلامی مان از مراجع مجامع جهانی منتشر می شود و این مایه مباهات و افتخار است که ظرفیت و استعداد ایرانی بسیار فراتر از آنچه تا کنون به منصفه ظهور رسیده، می باشد. قطعاً این پویایی و پیشرفت باید حفظ و تقویت شود و این مهم میسر نیست مگر آنکه آسیب شناسی لازم به عمل آمده و در مقایسه با دیگر کشورهای پیشرفته علمی، سنجیده و ارزیابی شود. آنچه به وضوح می توان اذعان داشت عدم رشد متوازن همه مؤلفه های پیشرفت و قدرت علمی در کشورمان می باشد. به عبارت دیگر، زمانی تولیدات علمی، ارزش فراوانی دارد که بتواند زمینه ای برای رفع نیازها و تامین استقلال و در ادامه اقتدار کشور باشد. متأسفانه آنچه بر تحقیقات قبلی ما گذشته، صرفاً با نگاه تولید علم و چاپ مقاله در مجلات بوده است، اما علمی که ناظر به مسائل و مشکلات بومی ما نباشد و در بهترین سرنوشتش با انتشار در مجلات بین المللی، رفع نیاز دیگر کشورهای پیشرفته را بنماید، چگونه می تواند تداوم یابد؟ قطعاً بخشی از عوامل تحقق تولیدات علمی هدفمند و نیاز محور خارج از حیطه اختیارات محققین و پژوهشگران است و باید توسط مدیران و سیاست گذاران تأمین شود اما جوامع علمی و دانشگاهی چه کاری در این زمینه انجام داده اند؟ آیا نقشه جامع علمی کشور که حاصل کار کارشناسی و فشرده عده ای از صاحب نظران و برجستگان کشور که بخش زیادی از آنها از همین مراکز بوده اند، سرلوحه برنامه ها و اهداف بوده است؟ آیا سهم و نقش خود و مجموعه پیرامونی را در راستای تحقق اسناد بالا دستی نظیر چشم انداز بیست ساله و نقشه جامع علمی و فناوری مشخص کرده و در راستای تحقق آن تلاش کرده است؟ آیا نقشه علمی و نقشه راه حوزه های تخصصی مختلف تدوین و عملیاتی شده است؟ آیا به دیگر مؤلفه های پیشرفت یعنی تولید فناوری، محصول و ثروت توجه شده است؟ این همه سوالهایی است که اگر پاسخ آن را ندانیم همچون گذشته باعث هدر رفتن سرمایه، وقت و فرصت های خود و کشورمان شده و آنچه در دستمان باقی می ماند تعداد زیادی مقاله و پایان نامه با اثر بخشی پایین است.

باید اذعان کرد در حوزه هایی از علم و فناوری نظیر فناوری هسته ای، سلول های بنیادی و فناوری نانو، این اهداف تا حد زیادی برآورده و مایه سربلندی و افتخار میهن عزیزمان شده است.

خوشبختانه مسئولین اجرایی کشور، مقدمات زیادی برای تحقق اهداف متعالی فوق فراهم کرده اند که البته باید توسعه یافته و تکمیل شود. تأسیس مراکز رشد فناوری، پارک علم و فناوری، قانون حمایت از شرکت های دانش بنیان، صندوق پژوهش و فناوری، بسته هایی حمایتی در این مسیر پر ارزش و تعالی آفرین هستند.

با امید به روزی که ایران نه تنها عقب ماندگی های دوران طاغوت را پشت سر گذاشته، بلکه پیشتاز و مرجع علمی جهان باشد که ایس الصبح بقرب، انشا الله.

و من الله التوفیق

دکتر محمد علی خلیل زاده

سردبیر مجله فناوری اطلاعات در طراحی مهندسی

دانشگاه آزاد اسلامی مشهد



**فهرست
مطالب**

سنتر و بهینه سازی نانوذرات سرم آلبومین انسانی به منظور انتقال هدفمند دارو

رابعه مهرآور، محسن جهانشاهی / ۱

پیشگویی آموزش موفق نوروفیدبک با استفاده از سیگنال مغزی جلسات اولیه آموزش

مجید قشونی، سید محمد فیروزآبادی، محمدعلی خلیلزاده، محمدرضا هاشمی گلپایگانی / ۱۳

ارائه روشی جدید جهت پردازش سیگنالهای سنسورهای بی سیم در ECU خودروها

اباذر برزگر، سید محسن موسوی / ۲۵

ارائه روشی بهینه، مبتنی بر کاربرد جهت حرکت سینک در شبکه‌های سلسله مراتبی حسگر بی سیم

محمدحسین یغمائی مقدم، فرزاد تشتریان، سهراب عفتی / ۳۹

تشخیص فازی حمله‌های مخرب به برنامه‌های تحت وب مبتنی بر مدل‌های مخفی مارکوف گروهی

محمد گراییلی، مجید وفایی جهان، سعید راحتی قوچانی / ۶۹

Distributed Queue Model for Non Real-Time Traffic Storage in the Future IPv6 Networks

۸۹ / Seyed Reza Kamel Tabbakh Farizani

سنتز و بهینه سازی نانوذرات سرم آلبومین انسانی به منظور انتقال هدفمند دارو

رابعه مهرآور^{*}، محسن جهانشاهی^۲

^۱دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آیت الله آملی، دانشکده مهندسی شیمی، آمل، ایران

چکیده:

در سالهای اخیر کاربرد نانوذرات پروتئینی به دلیل دارا بودن ویژگیهای منحصر به فرد، در صنایع دارویی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. در تحقیق حاضر، نانوذرات سرم آلبومین انسانی به دلیل زیست تخریب پذیری، ظرفیت بالای بارگذاری دارو و عدم سمیت با روش نامحلول کردن ساخته شد. سپس تأثیر پارامترهای مختلفی مانند pH، میزان گلو تارآلدئید، نسبت حجم اتانول به حجم محلول پروتئین، دور همزن، غلظت محلول پروتئین و سرعت اضافه شدن اتانول بر اندازه ذرات مورد بررسی قرار گرفت. جهت بهینه سازی اندازه ذرات از روش تاگوچی با تعریف ۴ عامل در ۴ سطح استفاده گردید. نتایج بررسی تاگوچی نشان داد که شرایط بهینه عبارتند از $pH=9$ ، غلظت 75mg/ml ، نسبت حجم اتانول به محلول پروتئین ۴ و سرعت اضافه شدن اتانول $1/5\text{ml/min}$ که تحت این شرایط اندازه ذره ۵۳ نانومتر به دست آمد.

واژه‌های کلیدی:

انتقال دارو، نانوذرات، سرم آلبومین انسانی، روش نامحلول شدن، بهینه سازی، روش تاگوچی

* عهده دار مکاتبات

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آیت الله آملی، دانشکده مهندسی شیمی، آمل، ایران

پست الکترونیکی: rabi_mehravar@yahoo.com

نانو فناوری یا کاربرد فناوری در مقیاس یک بیلیونیم متر، جهان حیرت انگیزی را پیش روی دانشمندان قرار داده است که در تاریخ بشریت نظیری برای آن نمی‌توان یافت.

همگامی نانو فناوری و فناوری زیستی در صورتی که بر طبق نظم خاصی باشد، قادر به خلق ابزارهای جدید خواهد بود. کاربردهای زیست پزشکی نانو فناوری محصول مستقیم چنین همگرایی است. اثرات نانوفناوری بر زیست پزشکی اشاره بر خلق مواد و ابزارهای طراحی شده جهت برهمکنش با بدن در مقیاس های زیرسلولی با درجه بالای دقت دارد که به طور بالقوه قادر خواهد بود تا به درون سلول های هدف رفته و باعث افزایش اثرات درمانی و کاهش اثرات جانبی گردد. در آینده ای قابل پیش بینی مهمترین کاربردهای بالینی نانوفناوری، گسترش در زمینه داروسازی خواهد بود [۱-۳].

امروزه در دارو رسانی مدرن تلاش های زیادی برای بهینه کردن عملکرد فارماکولوژیکی دارو و کاهش اثرات جانبی دارو انجام می شود. متأسفانه به علت جذب پایین دارو در بدن، متابولیسم سریع آن و حذف سریع دارو، غلظت دارو در پلاسماي خون ثابت نمی ماند و علاوه بر آن، بعضی از داروها را به علت حلالیت پایین شان در آب نمی توان به صورت تزریق داخل وریدی تجویز نمود و سرانجام اینکه دستیابی حیاتی داروها هنوز کاملاً مشخص نیست؛ لذا غلظت دارو در پلاسماي خون متغیر است. به

منظور حل این مشکل باید از سیستمهای حامل دارو استفاده کنیم که این سیستمها نقش مؤثری در رساندن عوامل فارماکولوژیکی و بیولوژیکی به نقاط مشخصی در بدن و رهایش آن با سرعت کنترل شده و بهینه ایفا می کنند؛ لذا نه تنها تأثیر درمانی دارو را بیشتر می کنند، بلکه از اثرات جانبی نامطلوب نیز می کاهند. از راهکارهای موفق در زمینه رهایش کنترل شده (مکانی و زمانی) استفاده از سیستم های کلوئیدی می باشد. در میان حامل های کلوئیدی، لیپوزوم و نانوذرات بیش از بقیه مورد بررسی قرار گرفته اند. لیپوزوم عمدتاً از کلسترول و لستین درست شده است؛ لذا زیست سازگاری خوبی دارد، اما به دلیل پایداری پایین (نشت دارو) و بازده جذب دارویی کم، نانوذرات پلیمری به عنوان یک سیستم حامل دارویی جدید جایگزین لیپوزوم ها شدند [۴،۵].

نانوذرات پلیمری مزایای ویژه ای نسبت به لیپوزوم ها دارند به عنوان مثال به افزایش پایداری داروها/ پروتئین ها کمک کرده و خصوصیات رهایش کنترل شده ای دارند، همچنین نسبت به میکروذرات (که دارای اندازه بزرگتری می باشند) انتقال مؤثرتری از میان دیواره شریانی دارا بوده و قابلیت نفوذ به قسمت های مختلف بدن را دارند.

همچنین نانوذرات با توجه به اندازه کوچک و زیست سازگاری شان توسط سیستم دفاعی بدن به عنوان ذره خارجی شناخته نمی شوند. نانوذرات باعث انتقال هدفمند داروها، کم کردن

میزان مصرف دارو، افزایش اثرات درمانی می‌گردد؛ به علاوه نانوذرات به عنوان حامل DNA و ژن نیز شناخته شده‌اند [۶]

در میان سیستم های پلیمری آنهایی که بر پایه پروتئین هستند کاربرد بیشتری دارند؛ زیرا پروتئین ها دسته ای از ماکرومولکول های طبیعی می باشند که دارای ساختار منحصر به فرد بوده و کاربرد بالقوه ای در زمینه بیولوژیکی دارند [۷،۸].

نانوذرات ساخته شده از سرم آلبومین انسانی دارای قابلیت بارگذاری زیاد دارو و اثرات جانبی بسیار ناچیز بر روی بافت آسیب دیده می باشند. همچنین این نانوذرات زیست تخریب پذیر و غیر آنتی ژن بوده و روش تهیه آنها ساده می باشد [۹].

۱-۱ بهینه سازی نانوذرات

در اواخر دهه ۱۹۴۰ میلادی دکتر گنجی تاگوچی^۱ در راستای افزایش کیفیت صنایع مخابرات ژاپن، مفاهیم آماری جدیدی ارائه کرد [۱۰]. تاگوچی در روش ابداعی خود، علاوه بر فرمول بندی ریاضی طراحی آزمایش ها، روشی را برای طراحی و اجرای آزمایش ها نیز ارائه کرده است. نکته مهم دیگر در روش تاگوچی، نحوه تجزیه و تحلیل نتایج و مد نظر قرار دادن عوامل خاص در تحلیل به دست آمده از آزمایشهای گوناگون می باشد.

مزیت عمده روش های آماری نسبت به روش یک عامل در یک زمان، آن است که در روش های

آماری، طرح کلی آزمایش ها در یک مرحله و آن هم در ابتدا انجام گرفته و سپس انجام آزمایشها به طور همزمان صورت می گیرد. در صورتی که در روش یک عامل در یک زمان، در هر مرحله، ابتدا تفکری درباره آنچه باید مورد آزمایش قرار گیرد، صورت گرفته و سپس چند آزمایش اجرا شده و این فرایند تا چندین مرحله ادامه می یابد. همان طور که مشخص است، در روش تاگوچی، تعداد آزمایشهای مورد نیاز برای بررسی اثر اصلی عوامل به طور مستقل، بسیار کمتر از روش فاکتوریل کامل و تا حدودی نیز کمتر از روش یک عامل در یک زمان است. قابل ذکر است که با وجود قابل بررسی بودن کلیه آثار متقابل در روش فاکتوریل کامل، از آنجا که درجه تأثیر عوامل و آثار متقابل نسبت به یکدیگر یکسان نبوده و فقط برخی از آن ها تأثیر قابل ملاحظه ای داشته و باید بررسی شوند، انجام آزمایش ها به تعداد فراوان، فقط موجب به هدر رفتن وقت و هزینه می شود. گاهی تعداد زیاد آزمایش ها، دقت آنها را نیز کاهش می دهد [۱۱].

در این مقاله ابتدا نانوذرات سرم آلبومین انسانی به روش نامطول کردن تهیه شد و سپس تأثیر عوامل مختلفی مانند: pH، میزان گلوکارآلدهید، نسبت حجم اتانول به حجم محلول پروتئین، دور همزن، غلظت محلول پروتئین و سرعت اضافه شدن اتانول روی اندازه ذرات مورد بررسی قرار گرفت. جهت بهینه سازی اندازه ذرات از روش تاگوچی با تعریف ۴ عامل در ۴ سطح استفاده گردید.

1- Genechi Taguchi

۲- مواد و روش ها

۱-۲- مواد

پودر سرم آلبومین انسانی (جزء ۷)، خلوص ۹۹-۹۶٪ و گلو تار آلد هید از شرکت سیگما تهیه گردید. اتانول با درصد خلوص ۹۹٪ و دیگر مواد شیمیایی از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

۲-۲- آماده سازی نانوذرات سرم آلبومین

انسانی

ساخت این نانوذرات با روش توده ای شدن ساده انجام شد [۱۳-۱۲]. ابتدا سرم آلبومین انسانی را در ۲ میلی لیتر محلول ۱۰ میلی مولار کلرید سدیم حل کرده سپس با استفاده از محلول ۰/۱ نرمال هیدروکسید سدیم، pH را به ۹ رساندیم. در این مرحله ۸ میلی لیتر اتانول به عنوان عامل ضد حلال به صورت قطره قطره به محلول پروتئینی اضافه شد. پس از تشکیل نانوذرات، با افزودن گلو تار آلد هید، عامل اتصال دهنده عرضی دو تایی همگن، ذرات تثبیت شدند. محلول به دست آمده به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط توسط همزن مغناطیسی همزده شد.

مرحله خالص سازی شامل پنج مرحله استفاده از سانتریفوژ با دور ۲۵۰۰۰g و زمان ۱۰ دقیقه می باشد؛ بدین ترتیب که پس از هر بار سانتریفوژ، قسمت شناور دور ریخته شده و رسوبات در محلول اولیه پراکنده شدند. پراکندگی مجدد ذرات در محلول اولیه توسط قرار دادن نمونه در حمام اولتراسونیک صورت گرفت. پس از ساخت نانو ذرات به منظور بهینه سازی اندازه

ذرات تأثیر عواملی مانند حجم اتانول، pH، غلظت پروتئین، نرخ افزودن اتانول به محلول پروتئینی، غلظت گلو تار آلد هید و دور همزن روی اندازه نانوذرات مورد بررسی قرار گرفت.

در نهایت، اندازه و مورفولوژی ذرات توسط دستگاه پراکنش نور لیزر، میکروسکوپ الکترونی روبشی و میکروسکوپ نیروی اتمی بررسی گردید.

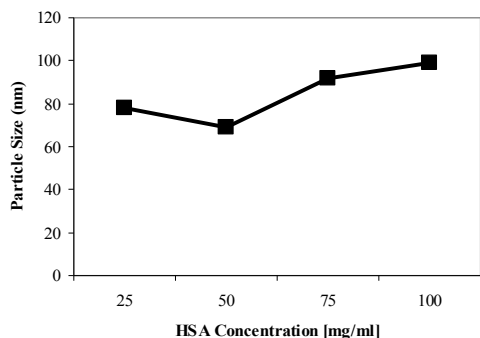
۳- نتایج و بحث

۱-۳- بررسی عوامل مؤثر بر اندازه ذرات

سرم آلبومین انسانی

با توجه به آنکه اندازه ذره یکی از عوامل بسیار مهم در خصوصیات نانوذراتی که می خواهند جهت انتقال دارو استفاده شوند می باشد، پس از ساخت نانوذرات پروتئینی سرم آلبومین انسانی، برای به دست آوردن اندازه ذره کوچکتر به جستجوی عوامل مؤثر بر اندازه پرداختیم و سپس با استفاده از یک روش مناسب اقدام به بهینه سازی نانوذرات نمودیم.

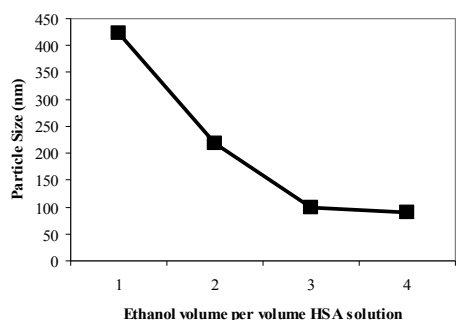
اولین عاملی که تأثیر آن بر اندازه نانوذرات مورد بررسی و رسیدگی قرار گرفت اثر pH اولیه محلول پروتئینی بوده است که نتایج آن در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۲): تأثیر غلظت اولیه محلول پروتئینی بر اندازه ذرات سرم آلبومین انسانی

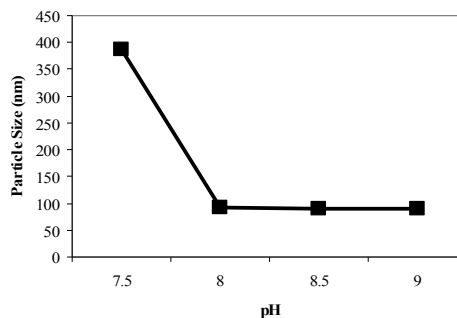
پارامتر بعدی نسبت حجمی عامل نامحلول کننده (اتانول) به حجم محلول اولیه پروتئین بوده است که نتایج آن در شکل (۳) آورده شده است. این کمیت در نسبت‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ (pH=۹)، نرخ افزایش اتانول ۱ ml/min، غلظت پروتئین mg/ml ۵۰، دور همزن ۵۵۰ rpm و غلظت گلوآرآلدهید ۵۸/۷۵ μlit آزمایش شده است.

نتایج نشان می‌دهد که با افزایش میزان ماده نامحلول کننده (اتانول) اندازه قطر ذرات کاهش می‌یابد.



شکل (۳): تأثیر نسبت حجمی اتانول به حجم محلول پروتئین بر اندازه ذرات سرم آلبومین انسانی

تأثیر سرعت افزودن عامل نامحدود کننده (اتانول) به سیستم در دبی‌های ۱/۵، ۲ و ۵ میلی‌لیتر بر دقیقه (pH=۹)، غلظت پروتئین mg/ml

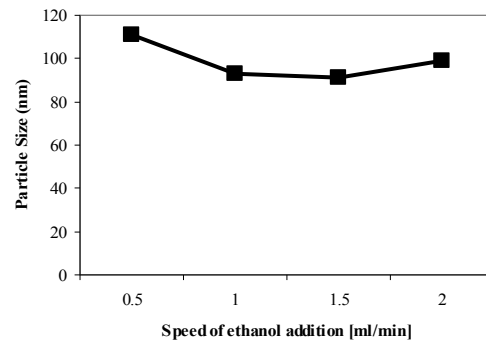


شکل (۱): تأثیر pH بر اندازه ذرات سرم آلبومین انسانی

برای تشکیل نانوذرات pH باید به اندازه کافی از نقطه ایزوالکتریک دور باشد؛ زیرا در نقطه ایزوالکتریک، ذرات ناپایدارند و همان طوری که در شکل بالا مشاهده می‌شود، pH های ۷/۵، ۸، ۸/۵ و ۹ مورد مطالعه قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش pH، اندازه ذرات کاهش می‌یابد.

عامل دیگری که تأثیر آن بر اندازه نانوذرات مورد بررسی و رسیدگی قرار گرفت غلظت اولیه محلول پروتئینی بوده است که این تأثیر در غلظت‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر (pH=۹)، نرخ افزایش اتانول ۱ ml/min، حجم اتانول ۴ cc و دور همزن ۵۵۰ rpm و غلظت گلوآرآلدهید ۵۸/۷۵ μlit مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. همان طور که در شکل (۲) دیده می‌شود، با افزایش غلظت محلول اولیه پروتئین، اندازه ذرات ابتدا کاهش و سپس به میزان اندکی افزایش می‌یابد و می‌توان نتیجه گرفت، بهترین غلظت برای به دست آوردن کوچکترین ذرات ۵۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر می‌باشد.

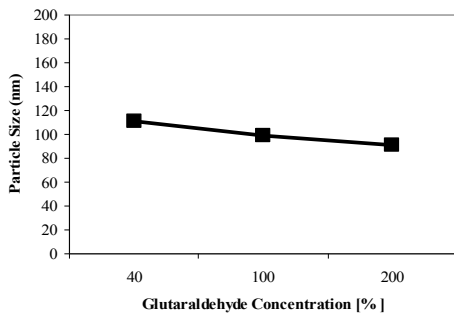
۵۰، حجم اتانول ۴ cc، دور همزن rpm ۵۵۰ و غلظت گلو تار آلدئید $58/75 \mu\text{lit}$ (۵۸/۷۵) مورد بررسی قرار گرفت و همان طوری که در شکل ۴ مشاهده می شود با افزایش نرخ افزودن اتانول، اندازه ذرات ابتدا کاهش و سپس به میزان ناچیزی افزایش می یابد و می توان نتیجه گرفت تحت شرایط فوق بهترین نرخ افزودن اتانول برای به دست آوردن کوچکترین ذرات، $1/5$ میلی لیتر بر دقیقه می باشد.



شکل (۴): تأثیر نرخ افزودن اتانول به محلول پروتئین بر اندازه ذرات سرم آلبومین انسانی

سپس تأثیر گلو تار آلدئید (به عنوان ماده شبکه ساز) بر اندازه ذره مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی چنین اثری مقایسه متفاوتی از گلو تار آلدئید یعنی $23/5 \mu\text{l}$ ، $58/75$ و $117/5$ (۹) pH ، غلظت پروتئین 100 mg/ml ، حجم اتانول ۴ cc، دور همزن rpm ۵۵۰ و نرخ افزایش اتانول 1 ml/min استفاده شد که این مقادیر معادل 40 ، 100 و 200 ٪ مقدار لازم برای شبکه ای کردن ۵۹ گروه آمینو اسید موجود در ملکول سرم آلبومین انسانی در ماتریس نانوذرات می باشد. نتایج در شکل (۵) آورده شده است. چنانچه مشاهده می شود، به نظر نمی رسد که میزان

گلو تار آلدئید تأثیری بر اندازه نانوذرات داشته باشد؛ اما شبکه کردن نانوذرات با گلو تار آلدئید نقطه ایزوالکتریک محلول را کاهش می دهد که این کاهش نقطه ایزوالکتریک برای ایجاد پیوندهای کووالانسی زنجیره های لایزین لازم است و همچنین اگر بخواهیم از نانوذرات به عنوان حامل دارو از طریق ایجاد پیوند کووالانسی دارو با ذره استفاده کنیم مقدار گروه های آمینو اسیدی که روی سطح ذرات وجود دارد پارامتر مهمی محسوب می شود.

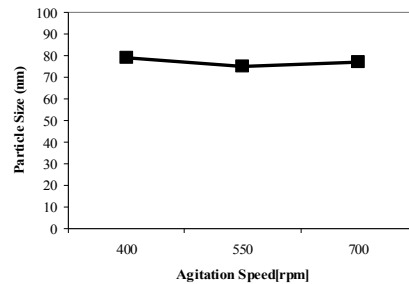


شکل (۵): تأثیر میزان غلظت گلو تار آلدئید بر اندازه ذرات سرم آلبومین انسانی

برای بررسی دور همزن به هنگام افزودن اتانول، سیستم آزمایشی تحت شرایط دور همزن های rpm ۴۰۰، ۵۵۰ و 700 ($\text{pH}=9$)، غلظت پروتئین 50 mg/ml ، حجم اتانول ۴ cc، غلظت گلو تار آلدئید $58/75 \mu\text{lit}$ و نرخ افزایش اتانول 1 ml/min مورد مطالعه قرار گرفت. همان گونه که از نتایج نشان داده شده در شکل (۶) برمی آید، در محدوده در نظر گرفته شده، سرعت همزدن تأثیری بر اندازه ذره نخواهد داشت.

محلول اولیه پروتئین، نرخ افزودن اتانول به محلول پروتئین، بیشترین تأثیر را بر اندازه ذرات دارند. برای بهینه‌سازی از روش کسری از فاکتوریل کامل استفاده گردید؛ چون روش بود و روش یک عامل در یک زمان هم نمی‌توانست تمامی خواسته‌های ما را برآورده نماید؛ زیرا احتمال در نظر نگرفتن بسیاری از عوامل وجود خواهد داشت. در نتیجه روش کسری از فاکتوریل کامل از میان روش‌های فوق انتخاب گردید و در میان روش‌های آماری نیز با توجه به در دسترس بودن و همچنین کارهای مشابه انجام شده، روش تاگوچی انتخاب گردید و برای بهینه‌سازی از نرم افزار تاگوچی مدل (Qualitek 4 version 4.82.0) استفاده شد.

برای بهینه‌سازی، اندازه ذرات چهار عامل مؤثر ذکر شده در چهار سطح انتخاب می‌شوند که می‌توان آن‌ها را در جدول (۱) مشاهده نمود. لازم به ذکر است که سطح‌ها با توجه به آزمایشات صورت گرفته در بخش‌های قبل انتخاب گردید.



شکل (۶): تأثیر سرعت همزدن بر اندازه ذرات سرم آلبومین انسانی با بررسی‌های صورت گرفته مشخص گردید که عوامل دور همزن و غلظت گلوکارآلدهید تأثیری بر اندازه ذره تولیدی ندارند و عوامل pH، نسبت حجم اتانول به حجم محلول پروتئین، غلظت محلول سرم آلبومین انسانی و سرعت اضافه شدن اتانول بیشترین تأثیر را بر اندازه ذرات دارا می‌باشند. برای بهینه‌سازی، روش تاگوچی با تعریف ۴ عامل در ۴ سطح (آرایه L_{16}) انتخاب گردید.

۳-۲- نتایج حاصل از تاگوچی

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در بخش‌های قبلی مشخص گردید که سرعت همزن و همچنین غلظت گلوکارآلدهید تأثیری بر اندازه نانوذره پروتئینی ساخته شده ندارند؛ اما ۴ عامل: pH، غلظت پروتئین، نسبت حجم اتانول به حجم

جدول (۱): عوامل و سطوح آنها در فرایند ساخت نانوذرات پروتئینی

سطح				متغیر	عامل
۴	۳	۲	۱		
۹	۸/۵	۸	۷/۵	A	pH
۱۰۰	۷۵	۵۰	۲۵	B	غلظت پروتئین (mg/ml)
۴	۳	۲	۱	C	نسبت حجم اتانول به پروتئین
۲	۱/۵	۱	۰/۵	D	نرخ افزودن اتانول به محلول پروتئین (ml/min)

با توجه به تمامی ترکیب های ممکن بین ۴ عامل در ۴ سطح، ۲۵۶ آزمایش برای پوشاندن تمامی حالات ممکن ضروری است (روش فاکتوریل کامل) اما تاگوچی از میان ۲۵۶ آزمایش، تعداد ۱۶ آزمایش را که بیشترین اثر چهار عامل مربوط را در خود دارند، مشخص و پیشنهاد می کند.

تاگوچی برای طراحی و اجرای آزمایش ها مجموعه ای از جداول را به عنوان آرایه متعامد

تهیه کرد. جدول (۲) آرایه متعامد را برای ۴ عامل در ۴ سطح را نشان می دهد. این آرایه که با علامت اختصاری L_{16} در نرم افزار تاگوچی معرفی می شود، شامل ۴ ستون و ۱۶ ردیف می باشد. هر ستون به یک عامل و هر ردیف به یک آزمایش تعلق دارد. در جدول (۲) علاوه بر طراحی آزمایشات، نتایج حاصل از کار نیز آورده شده است.

جدول (۲): طراحی آرایه متعامد و نتایج برای هر آزمایش

نتایج	عامل				شماره آزمایش
	D	C	B	A	
۱۸۵	۱	۱	۱	۱	۱
۱۷۵	۲	۲	۲	۱	۲
۹۹	۳	۳	۳	۱	۳
۱۱۱	۴	۴	۴	۱	۴
۹۳	۳	۲	۱	۲	۵
۹۱	۴	۱	۲	۲	۶
۸۷	۱	۴	۳	۲	۷
۹۲	۲	۳	۴	۲	۸
۷۸	۴	۳	۱	۳	۹
۶۹	۳	۴	۲	۳	۱۰
۹۹	۲	۱	۳	۳	۱۱
۹۲	۱	۲	۴	۳	۱۲
۷۵	۲	۴	۱	۴	۱۳
۷۷	۱	۳	۲	۴	۱۴
۷۹	۴	۲	۳	۴	۱۵
۹۲	۳	۱	۴	۴	۱۶

جدول (۳): آنالیز واریانس در فرایند ساخت نانوذرات پروتئینی

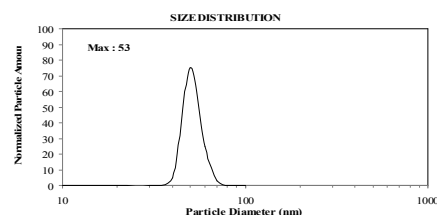
عوامل	درجه آزادی	مجموع مربعات	واریانس	نسبت واریانس
A	۳	۱۰۰۰۸/۲۵	۳۳۳۶/۰۸۳	*۱۰/۲۹۳
B	۳	۶۴۰/۲۵	۲۱۳/۴۱۶	۰/۶۵۸
C	۳	۳۰۷۰/۲۵	۱۰۲۳/۴۱۶	*۳/۱۵۷
D	۳	۱۸۱۰/۷۵	۶۰۳/۵۸۳	۱/۸۶۲
خطا	۳	۹۷۲/۲۵	۳۲۴/۰۸۳	
مجموع	۱۵	۱۶۵۰۱/۷۵		

پارامترهای مؤثر

با بررسی های انجام شده و نتایج حاصل از نرم افزار، شرایط بهینه برای ساخت نانوذرات پروتئینی سرم آلبومین انسانی به صورت ذیل به دست آمد:

pH=۹، غلظت پروتئین = ۷۵mg/ml، نسبت حجم اتانول به محلول پروتئین = ۴، نرخ افزودن اتانول به محلول پروتئین = ۱/۵ ml/min، یعنی pH در سطح ۴، غلظت پروتئین در سطح ۳، نسبت حجم اتانول به پروتئین در سطح ۴ و نرخ افزودن اتانول به محلول پروتئین در سطح ۳.

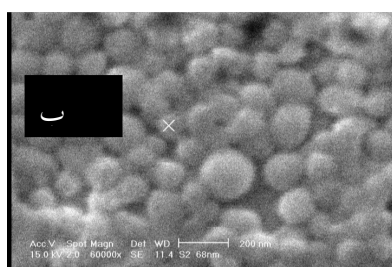
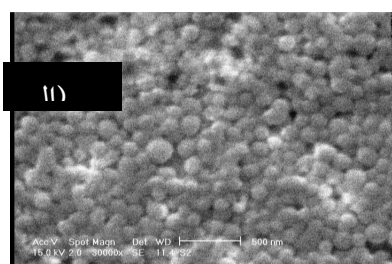
همچنین نتایج حاصل از جدول (۳) نشان می دهد از بین عوامل یاد شده، pH و نسبت حجم اتانول به محلول پروتئین، تأثیرگذارترین عوامل روی اندازه نانوذره تولیدی می باشد.



شکل (۷): توزیع اندازه نانوذرات ساخته شده از سرم آلبومین انسانی در شرایط بهینه

تحت این شرایط تاگوچی اندازه ذره را ۴۶/۶۲۵ نانومتر پیش بینی می کند. آزمایش با شرایط بهینه انجام شد و با انجام آزمایش پیشنهادی، اندازه ذره ۵۳ نانومتر به دست آمد شکل (۷).

جهت اطمینان بیشتر و همچنین بررسی مورفولوژی نانوذرات تولید شده در شرایط بهینه از این نمونه تصاویر SEM و AFM گرفته شد که در شکل های (۸ و ۹) ارائه شده اند:



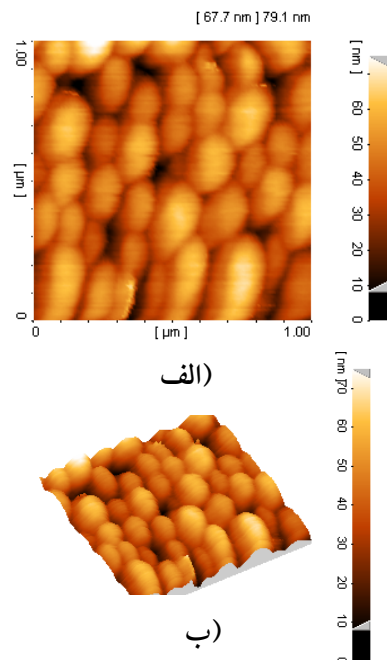
شکل (۸): تصویر SEM نمونه نهایی سرم آلبومین انسانی با بزرگ نمایی الف) ۳۰۰۰۰ و ب) ۶۰۰۰۰

پروتئین، نسبت حجمی عامل نامحلول کننده به حجم محلول پروتئین، نرخ افزودن عامل نامحلول کننده به محلول پروتئین، غلظت گلو تار آلدئید و دور همزن در هنگام افزودن عامل نامحلول کننده. با بررسی های صورت گرفته مشخص گردید که عوامل غلظت گلو تار آلدئید و دور همزن در هنگام افزودن عامل نامحلول کننده تأثیری بر اندازه ذره تولیدی ندارند و عوامل pH، غلظت محلول پروتئین، نسبت حجمی عامل نامحلول کننده به حجم محلول پروتئین و نرخ افزودن عامل نامحلول کننده به محلول پروتئین، بیشترین تأثیر را بر اندازه ذرات دارند.

برای بهینه سازی روش تاگوچی با تعریف ۴ عامل در ۴ سطح (آرایه L_{16}) انتخاب گردید. با انجام آزمایشات مطابق نرم افزار تاگوچی و بررسی نتایج حاصله از هر آزمایش طبق آنالیز آماری، کوچکترین اندازه نانوذره پروتئینی در شرایط ذیل بدست آمده است:

pH = 9، غلظت محلول پروتئین = 75 mg/ml، نسبت حجمی عامل نامحلول کننده به حجم محلول پروتئین = ۴ و نرخ افزودن عامل نامحلول کننده به محلول پروتئین = 1/5 ml/min.

که اندازه نانوذره تولیدی، تحت این شرایط ۵۳ نانومتر بوده است و با توجه به آنچه تأکید شده است، نانوذراتی که برای انتقال دارو به کار می روند بهتر است در دامنه کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشند در این شرایط می توان گفت ما به بهینه مطلوب مورد نظر دست پیدا نموده ایم.



شکل (۹): تصویر AFM نمونه نهایی سرم آلبومین انسانی (الف) تصویر دو بعدی. (ب) تصویر سه بعدی

۴- نتیجه گیری

هدف از این تحقیق، ساخت و بهینه سازی نانوذرات پروتئینی، جهت انتقال هوشمندانه و هدفمند دارو به نقاط مورد نظر می باشد. در این تحقیق، ساخت نانوذرات پروتئینی سرم آلبومین انسانی با روش نامحلول شدن انجام گردید. بررسی ریخت شناسی ذرات با میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM و میکروسکوپ نیروی AFM نشان دادند که نانوذرات تولیدی دارای شکل تقریباً کروی می باشند.

قسمت دیگری از این تحقیق به بهینه سازی نانوذرات تولیدی جهت داشتن ذرات با اندازه کوچکتر اختصاص یافت. به این منظور به بررسی اثرات عوامل مختلف بر اندازه ذرات پرداختیم. این عوامل عبارت بودند از: pH، غلظت محلول

اهداف بعدی این گروه تحقیقاتی می باشد.

بارگذاری دارو روی نانوذرات سرم آلبومین انسانی و انتقال هدفمند داروی بارگذاری شده، از

۵- مراجع

1. Roy I, Ohulchanskyy T. Y, Pudavar H. E, "Ceramic-Based Nanoparticles Entrapping Water-Insoluble Photosensitizing Anticancer Drugs: A Novel Drug-Carrier System for Photodynamic Therapy". J. Am. Chem. Soc., 125, 2003, 7860-7865
2. Bigger I, Dubernet C, Couvreur P, "Nanoparticles in Cancer Therapy and Diagnosis". Adv Drug Deliv. Rev., 54, 2002, 631-651.
3. Crommelin D. J, Storm G, Jiskoot W, Stenekes R, Mastrobattista E and Hennink W. E, "Nanotechnological Approaches for the Delivery of Macromolecules." J. Controlled Release, 87, 2003, 81-88
۴. اسماعیل جباری، شهریار شریفی، "نانوذرات و کاربرد آنها در رهائش کنترل شده عوامل بیولوژیکی". زمستان ۱۳۸۲.
5. Rahimnejad M, Jahanshahi M, Njafpour G. D, "Production of biological nanoparticles from bovine serum albumin for drug delivery". Afr. J. Biotechnol., 5(20), 2006, 1918-1923
6. Jahanshahi M, Sanati M.H, Hajizadeh S, Babaei Z, "Gelatin nanoparticle fabrication and optimization of the particle size". Phys. Stat. sol. (a), 2008, 1-5
7. Lowe C.R, "Nanobiotechnology", Current Opinions in Structural Biology, (2000).
8. Zhang Z, Burton S, Williams S, Lyddiat A, "Design and assembly of solid phase for the effective recovery of nanoparticulate.Bioproducs in fludised bed contactors", Bioseparation,10, 2001, 113-132
9. [http:// nanobiotechnology.blogfa.com](http://nanobiotechnology.blogfa.com).
10. Jahanshahi M, Raof JB, Hajizadeh S, Jabari Seresht R, "Synthesis and subsequent purification of carbon nanotubes by arc discharge in NaCl solution". phys. stat. sol. (a), 2008, 1- 5
۱۱. جهانشاهی، محسن، "گزارش ساخت از پائین به بالای یک نانوساختار پروتئینی به روش Coacervation"، تابستان ۱۳۸۵.
12. Marty JJ, Oppenheimer RC, Speiser P, "Nanoparticles-a new colloidal drug delivery system". Pharm. Acta Helv 53, 1978, 17-23
13. Jahanshahi M, "Molecular Nanotechnology & Nanobiotechnology", Book: Academic University (Mazandaran) publications (2007).

پیشگویی آموزش موفق نوروفیدبک با استفاده از سیگنال مغزی جلسات اولیه آموزش

مجید قشونی*^۱، سید محمد فیروزآبادی^۲، محمدعلی خلیلزاده^۳، محمدرضا هاشمی گلپایگانی^۴

^۱ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده مهندسی پزشکی، تهران، ایران

^۲ دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، گروه فیزیک پزشکی، تهران، ایران

^۳ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه مهندسی پزشکی، مشهد، ایران

^۴ دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی پزشکی، تهران، ایران

چکیده:

نوروفیدبک در بالا بردن کارایی شناختی افراد سالم و نیز درمان بسیاری از بیماریهای شناختی دارای اهمیت ویژه‌ای است. در طی یک فرآیند نوروفیدبک، شخص یاد می‌گیرد که چگونه سیگنال مغزی خود را کنترل کند و این کار را از طریق یافتن یک روش مناسب جهت کنترل حالات فکری متناظر با الگوهای سیگنال مغزی خود انجام می‌دهد؛ اما برخی از افراد پس از شرکت در جلسات آموزش نوروفیدبک قادر به تغییر سیگنال مغزی خود نیستند. در این تحقیق به پیشگویی آموزش موفق نوروفیدبک در جلسات اولیه نوروفیدبک پرداخته شده است. برای این منظور با استخراج ویژگی از سیگنال مغزی جلسات اولیه آموزش و طراحی یک طبقه‌بندی کننده مناسب، افراد موفق از افراد ناموفق تفکیک شده‌اند. در بهترین حالت با استفاده از شبکه عصبی چندلایه پرسپترون و دو ویژگی استخراج شده از سیگنال مغزی جلسه چهارم آموزش، با صحت ۹۴٪ در داده‌های آموزش و ۸۲/۵٪ در داده‌های آزمون افراد موفق از افراد ناموفق تفکیک شده‌اند.

واژه‌های کلیدی:

نوروفیدبک، پیشگویی، آموزش موفق

* عهده‌دار مکاتبات

دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی پزشکی، تهران، ایران

پست الکترونیکی: ghoshuni@mshdiau.ac.ir

۱- مقدمه

نوروفیدبک به معنی بازخوراند^۱ پاسخ های نورونی یا فعالیت الکتریکی مغز به خود شخص، به منظور آموزش وی در کنترل فعالیت الکتریکی مغز است. در طی یک فرآیند نوروفیدبک شخص یاد می‌گیرد که چگونه سیگنال های مغزی خود را کنترل کند و این کار را از طریق کنترل حالات فکری متناظر با الگوهای سیگنال مغزی خود انجام می‌دهد [۱].

فرآیند آموزش نوروفیدبک بر اساس اصل شرطی سازی کنشگر^۲ بنا شده است. نظریه شرطی سازی کنشگر، که توسط اسکینر مطرح گردید، بر مبنای دو مفهوم تقویت و تقویت کننده بنا شده است. تقویت به فرآیندی گفته می‌شود که در طی آن با ارائه یک محرک خوشایند پس از رفتار مطلوب، افزایش رفتار مطلوب را ایجاد می‌کند و منظور از تقویت کننده همان محرک مطلوب است. طبق اصل تقویت که در این نوع شرطی سازی وجود دارد، زمانی که سوژه در مقابل انجام یک رفتار مطلوب پاداش دریافت کند، احتمال تکرار رفتار مطلوب در سوژه، افزایش می‌یابد. در فرآیند نوروفیدبک شرطی سازی کنشگر زمانی است که سوژه برای یافتن وضعیت فکری مناسب، پاداش دریافت می‌کند. به این نحو زمانی که توان ریتم خاصی از سیگنال مغزی سوژه به حد آستانه رسید، سوژه در مقابل آن، فیدبک شنیداری یا دیداری که معمولاً شبیه به یک

بازی است، دریافت می‌کند. بنابراین سوژه تلاش می‌کند وضعیت فکری خود را طوری تنظیم کند تا محرک مطلوب (فیدبک دیداری یا شنیداری) را بیشتر دریافت کند و این کار باعث افزایش رفتار مطلوب (قرار گرفتن سوژه در وضعیت فکری مطلوب) و افزایش احتمال رخداد آن ریتم خاص می‌شود [۱].

طبق تحقیقات مختلف معلوم شده است نوروفیدبک قادر است در درمان بیماری هایی از قبیل بیش فعالی^۳ [۲]، صرع [۳]، اوتیسم^۴ [۴]، اضطراب [۵]، اختلالات خواب [۶] و افسردگی [۷] نقش بسزایی داشته باشد. علاوه بر این، نوروفیدبک در بهبود کارایی شناختی [۸]، حافظه [۹،۱۰]، توجه [۱۱] و روحیه [۱۲] افراد سالم تأثیر مثبت داشته است. همچنین با استفاده از نوروفیدبک می‌توان توانمندی های ورزشی [۱۳،۱۴] و هنری [۱۵،۱۶] را افزایش داد.

از طرفی تحقیقات قبلی نشان داده اند، برای اینکه افراد در طی جلسات آموزش نوروفیدبک قادر به یافتن وضعیت فکری مطلوب و تغییر توان ریتم مورد نظر باشند، جلسات زیادی لازم است. به عنوان مثال در مرجع [۱۷] برای آموزش سوژه‌ها از ۴۰ جلسه آموزش نوروفیدبک استفاده شده است. همچنین در تحقیقات دیگر [۱۸،۱۹] از ۳۵ جلسه آموزش نوروفیدبک برای آموزش سوژه ها استفاده شده است؛ البته در برخی تحقیقات از تعداد جلسات کمتری برای آموزش افراد استفاده

3- Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)
4- Autism

1- Feedback
2- Operant Conditioning

در درمان بیماری بیش فعالی [۲]، بهبود توجه [۱۱] و تقویت حافظه [۱۰] در افراد سالم داشته است، در این تحقیق به پیشگویی آموزش موفق نوروفیدبک در تقویت توان SMR افراد سالم بر اساس سیگنال مغزی جلسات اولیه آموزش پرداخته شده است.

۲- روش کار

در این تحقیق ابتدا به اجرای آموزش نوروفیدبک جهت تقویت توان SMR در افراد سالم پرداخته شده است. سپس با بررسی تغییرات طیف توان SMR در طول جلسات نوروفیدبک، افراد موفق از افراد ناموفق شناسایی و تفکیک شده‌اند. در مرحله بعد با تعریف ویژگی‌های مختلف از سیگنال مغزی جلسات اولیه آموزش و طراحی یک طبقه‌بندی کننده مناسب به تفکیک افراد موفق از افراد ناموفق پرداخته شده است. در ادامه این بخش به توضیح جزئیات آن پرداخته شده است.

۲-۱- شرکت کنندگان آزمایش

در مجموع ۱۹ نفر (۹ نفر زن) از دانشجویان کارشناسی مهندسی پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی در این آزمایش شرکت کرده‌اند. میانگین سنی آن‌ها $22/05 \pm 0/62$ سال بوده است.

از کلیه افراد داوطلب شرکت کننده در این آزمایش خواسته شده است پرسشنامه ثبت نام در آزمایش را پر کنند. در این پرسشنامه مشخصات فردی و سابقه ابتلا به بیماری‌های اعصاب و روان سؤال شده است.

۲-۲- آموزش نوروفیدبک

شده است. به عنوان مثال در مرجع [۱۱،۱۲] از ۱۰ جلسه نوروفیدبک برای آموزش سوژه‌ها استفاده شده است یا در مرجع [۱۰]، ۸ جلسه آموزش نوروفیدبک برای سوژه‌ها اجرا شده است. نکته قابل توجه دیگر در نوروفیدبک، توانایی افراد برای تغییر فعالیت مغزی در طول جلسات آموزش نورو

فیدبک است. در تحقیقات قبلی مشخص شده است که همه افراد قادر به تغییر فعالیت مغزی خود در طول جلسات نوروفیدبک نیستند. به عنوان مثال در مرجع [۲۰] نشان داده شده است که تنها حدود ۵۰٪ از بچه‌های دارای اختلال بیش فعالی قادر به تغییر توان ریتم مغزی خود در فرآیند نوروفیدبک هستند. به طور مشابه در مرجع [۸] نشان داده شده است که تنها ۵۰٪ از شرکت کنندگان در طی فرآیند آموزش نوروفیدبک، موفق بوده‌اند.

پیشگویی موفقیت افراد در آموزش نوروفیدبک می‌تواند باعث صرفه‌جویی در وقت و هزینه بیماران و افراد شرکت کننده در آزمایش نوروفیدبک شود. متأسفانه تاکنون در این زمینه تحقیق قابل توجهی انجام نشده است؛ بنابراین در این تحقیق سعی شده است با استفاده از سیگنال مغزی جلسات اولیه آموزش نوروفیدبک، به پیشگویی موفقیت یا عدم موفقیت افراد در جلسات آموزش نوروفیدبک پرداخته شود.

از طرفی با توجه به اینکه آموزش نوروفیدبک (12-15Hz) SMR^۱، کاربردهای زیادی

1. Sensory Motor Rhythm

کلیه افراد شرکت کننده به مدت ۸ جلسه به صورت ۲ جلسه در هفته، در جلسات آموزش نوروفیدبک جهت تقویت توان SMR شرکت کرده- اند. قبل از شروع جلسه آموزش نوروفیدبک از هر فرد یک پرسشنامه در مورد وضعیت خواب، میزان میل به غذا، روحیه فرد، وضعیت حافظه و احتمال مصرف داروهای اعصاب و روان پر شده است.

در این تحقیق برای تقویت توان SMR از دو پروتکل متفاوت نوروفیدبک استفاده شده است. هدف از انجام این کار، بررسی اثر پروتکل‌های مختلف نوروفیدبک در میزان موفقیت شرکت- کنندگان بوده است. در پروتکل اول که بر روی ۱۰ نفر (۵ زن) از شرکت کنندگان اجرا شده است، هر فرد در سه مرحله ۵ دقیقه ای در فرآیند آموزش نوروفیدبک شرکت داشته است؛ به این صورت که در هر مرحله یک بازی برای شخص پخش می‌شود و شخص باید تلاش کند توان باند SMR سیگنال مغزی خود را بالاتر از حد آستانه نگه دارد تا از این طریق بتواند مراحل بازی را کامل کند. بازی های انتخاب شده در این آزمایش شامل مسابقه قایقرانی، پازل و تصاویر منظره بوده است. در مسابقه قایقرانی شخص باید تلاش کند توان SMR را بالاتر از حد آستانه نگه دارد تا قایق وی به سمت جلو حرکت کند و از قایق‌های دیگر جلو بزند. همچنین در بازی پازل و تصاویر منظره در صورتی که شخص بتواند توان SMR را از حد آستانه بالاتر ببرد، قطعات پازل کامل شده و یا تصاویر منظره عوض می‌شوند. بین هر

مرحله ۵ دقیقه‌ای آموزش، حدود ۲ دقیقه به شخص استراحت داده شده است.

در پروتکل دوم نوروفیدبک که بر روی ۹ نفر (۴ زن) از شرکت‌کنندگان اجرا شده است، هر فرد در دو مرحله ۷/۵ دقیقه‌ای در فرآیند آموزش نوروفیدبک شرکت داشته است. به این صورت که در هر مرحله فیلم مستند برای شخص پخش می‌شود و شخص باید تلاش کند توان SMR را بالاتر از حد آستانه نگه دارد، تا از این طریق بتواند فیلم را با صفحه بزرگتر و با صدای بلندتر تماشا کند؛ در صورتی که شخص نتواند این کار را انجام دهد، فیلم به صورت کوچک و صدای آهسته پخش می‌شود. در اینجا نیز بین هر مرحله ۷/۵ دقیقه‌ای آموزش، حدود ۲ دقیقه به شخص استراحت داده شده است.

حد آستانه در هر دو پروتکل این آزمایش بر اساس درصد زمانی که شخص بتواند توان SMR را بالاتر از حد آستانه نگه دارد، تنظیم شده است. به این صورت که توسط نرم افزار دستگاه، مدت زمانی که شخص بتواند توان SMR را در یک پنجره ۳۰ ثانیه ای بالاتر از حد آستانه نگه دارد، محاسبه شده و به صورت درصد زمان نشان داده می‌شود. سپس پنجره لغزان حرکت کرده و در زمان‌های بعدی به صورت پیوسته این درصد زمان را محاسبه و نشان می‌دهد. در این تحقیق سعی شده است این درصد برای هر فرد روی ۶۰٪ تنظیم شود و در صورت زیادتیر شدن این درصد همزمان با یادگیری سوژه، حد آستانه را بالاتر برده تا همواره این درصد حفظ شود.

۲-۳- اخذ داده

برای ثبت سیگنال مغزی و آموزش نوروفیدبک در این تحقیق از دستگاه بایوفیدبک ۱۰ کاناله مدل Flexcomp ساخت شرکت Thought Technology کانادا و نرم افزار بایوگراف استفاده شده است [۲۱].

کلیه سیگنال ها از کانال Fz یا Cz بر روی پوست سر و بر اساس استاندارد جهانی ۲۰/۱۰ ثبت شده اند. چون در این تحقیق از دو پروتکل متفاوت برای آموزش نوروفیدبک استفاده شده است، بنابراین در پروتکل اول از کانال Fz [۹] و در پروتکل دوم از کانال Cz [۱۰] برای ثبت سیگنال مغزی استفاده شده است. الکتروود مرجع به گوش ها (از طریق اتصال دو مقاومت $1k\Omega$ به گوش ها و اتصال وسط دو مقاومت به الکتروود مرجع) و الکتروود زمین در ناحیه جلوی سر وصل شده است. همچنین امپدانس الکتروود-پوست کمتر از $10k\Omega$ در نظر گرفته شده است. سیگنال پس از تقویت توسط دستگاه با استفاده از یک فیلتر پایین‌گذر با فرکانس قطع 64Hz و یک فیلتر بالاگذر با فرکانس قطع 0.5Hz فیلتر شده است. همچنین نویز برق شهر توسط یک فیلتر دیجیتال میان‌گذر 50Hz حذف شده است. سپس سیگنال با فرکانس ۲۵۶ هرتز نمونه‌برداری شده و توسط یک A/D با رزولوشن ۱۴ بیت، دیجیتال و وارد کامپیوتر می‌شود.

۲-۴- تحلیل داده ها

پس از ثبت سیگنال مغزی افراد در طول جلسات نوروفیدبک، سیگنال‌ها به شکل استاندارد نرم-

افزار Matlab تبدیل شده‌اند. سپس بخش هایی از سیگنال که در اثر آرتیفکت های ناشی از پلک زدن و یا آرتیفکت های حرکتی دامنه آن ها از ۴۰ میکرو ولت تجاوز کرده است، در آنالیزهای بعدی از سیگنال مغزی حذف شده‌اند؛ به این صورت که پس از شناسایی آرتیفکت، کل قله یا دره شامل آرتیفکت شناسایی شده و از کل سیگنال حذف شده است. در مرحله بعد برای تخمین طیف توان سیگنال، از روش تخمین Welch با پنجره لغزان Hanning به طول ۲ ثانیه و با همپوشانی ۵۰٪ استفاده شده است [۲۲].

همچنین به منظور نرمال سازی طیف توان، از طیف توان نسبی بر اساس رابطه ۱ استفاده شده است.

$$Pr(f) = \frac{P(f)}{\sum P(f)} \quad (1)$$

در رابطه ۱، $Pr(f)$ طیف توان نسبی، $P(f)$ طیف توان مطلق و $\sum P(f)$ مجموع طیف توان مطلق در محدوده فرکانسی 0.5Hz تا 64Hz است.

۲-۵- برچسب‌گذاری داده‌ها

در این تحقیق برای تفکیک داده‌ها از روش باسرپرست^۱ استفاده شده است. بنابراین قبل از اعمال داده‌های آموزش به طبقه‌بندی کننده، هریک از آن ها به صورت داده‌های افراد موفق یا افراد ناموفق برچسب گذاری شده است.

بر اساس اینکه در تحقیقات قبلی برای شناسایی افراد موفق، توانایی آن ها برای افزایش یا کاهش توان ریتم خاص سیگنال مغزی در طول جلسات

آموزش نوروفیدبک مورد ارزیابی قرار گرفته است [۲۰, ۲۳]، در این تحقیق به منظور برچسب-گذاری افراد موفق و تفکیک آن‌ها از افراد ناموفق از دو معیار به شرح ذیل استفاده شده است:

معیار اول: طیف توان نسبی SMR در جلسه آخر نسبت به جلسه اول افزایش داشته باشد.

معیار دوم: شیب خط برآزش شده بر طیف توان نسبی SMR در طول ۸ جلسه نوروفیدبک، مثبت بوده و از حد آستانه تعیین شده (در اینجا ۰/۰۰۰۱) بیشتر باشد.

لازم به ذکر است در صورتی که طیف توان نسبی SMR هر فرد در طول ۸ جلسه هر دو معیار فوق را با هم داشته باشد، فرد به عنوان شخص موفق و در غیر این صورت به عنوان شخص ناموفق برچسب‌گذاری می‌شود. در شکل (۱) نمونه ای از تغییرات طیف توان نسبی SMR در طول ۸ جلسه آموزش نوروفیدبک برای یک فرد موفق (شکل چپ) و یک فرد ناموفق (شکل راست) نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود، در شکل سمت چپ طیف توان نسبی SMR در جلسه آخر نسبت به جلسه اول افزایش داشته است (معیار اول) و شیب خط برآزش شده بر طیف توان SMR در ۸ جلسه نوروفیدبک، کاملاً مثبت و از حد آستانه تعریف شده بالاتر بوده است (معیار دوم)؛ اما در شکل سمت راست، طیف توان نسبی SMR به صورت زیگزاگی تغییر کرده است و هیچ کدام از دو معیار تعریف شده برای این شکل صادق نیست. بنابراین شکل سمت راست مربوط به یک شخص

موفق و شکل سمت چپ مربوط به یک شخص ناموفق بوده است.

۲-۶- استخراج ویژگی

به منظور استخراج ویژگی از سیگنال مغزی جلسات اولیه آموزش، در مجموع ۱۹ ویژگی از سیگنال مغزی جلسات اول تا چهارم آموزش نوروفیدبک استخراج شده است. این ویژگیها به شرح ذیل هستند:

۱- تفاضل طیف توان نسبی SMR جلسه دوم از جلسه اول،

۲- تفاضل طیف توان نسبی SMR جلسه سوم از جلسه اول،

۳- تفاضل طیف توان نسبی SMR جلسه چهارم از جلسه اول،

۴- تفاضل طیف توان نسبی SMR جلسه سوم از جلسه دوم،

۵- تفاضل طیف توان نسبی SMR جلسه چهارم از جلسه دوم،

۶- تفاضل طیف توان نسبی SMR جلسه چهارم از جلسه سوم،

۷- تفاضل طیف توان نسبی SMR مرحله آخر آموزش از مرحله اول آموزش در جلسه اول،

۸- تفاضل طیف توان نسبی SMR مرحله آخر آموزش از مرحله اول آموزش در جلسه دوم،

۹- تفاضل طیف توان نسبی SMR مرحله آخر آموزش از مرحله اول آموزش در جلسه سوم،

۱۰- تفاضل طیف توان نسبی SMR مرحله آخر آموزش از مرحله اول آموزش در جلسه چهارم،

مرحله ۵ دقیقه ای (۷/۵ دقیقه‌ای) اول و آخر هر جلسه محاسبه شده و از هم کم شود.

برای محاسبه ویژگی های ۱۱ تا ۱۴، در هر جلسه اختلاف طیف توان نسبی SMR بین یک دقیقه اول و یک دقیقه آخر هر مرحله ۵ دقیقه‌ای (در پروتکل اول) یا هر مرحله ۷/۵ دقیقه‌ای (در پروتکل دوم) محاسبه شده و سپس میانگین‌گیری می‌شود.

همچنین برای محاسبه ویژگی های ۱۵ تا ۱۸، در هر جلسه سیگنال مغزی هر مرحله ۵ دقیقه‌ای (۷/۵ دقیقه ای) به پنج قسمت مساوی تقسیم شده و طیف توان نسبی SMR برای هر قسمت محاسبه شده است. سپس با استفاده از روش حداقل مربعات خطا^۱ خط برازش شده بر این پنج نقطه محاسبه شده و شیب آن به دست می‌آید. سپس شیب‌های به دست آمده برای هر سه مرحله ۵ دقیقه‌ای (در پروتکل اول) یا دو مرحله ۷/۵ دقیقه‌ای (در پروتکل دوم) در هر جلسه میانگین‌گیری شده است.

در نهایت، برای محاسبه ویژگی ۱۹، میانگین طیف توان نسبی SMR، در جلسات اول تا چهارم محاسبه شده و سپس شیب خط برازش شده بر این ۴ نقطه به دست آمده است.

۱۱- تفاضل طیف توان نسبی SMR یک دقیقه آخر آموزش از یک دقیقه اول آموزش در جلسه اول،

۱۲- تفاضل طیف توان نسبی SMR یک دقیقه آخر آموزش از یک دقیقه اول آموزش در جلسه دوم،

۱۳- تفاضل طیف توان نسبی SMR یک دقیقه آخر آموزش از یک دقیقه اول آموزش در جلسه سوم،

۱۴- تفاضل طیف توان نسبی SMR یک دقیقه آخر آموزش از یک دقیقه اول آموزش در جلسه چهارم،

۱۵- شیب خط تغییرات طیف توان نسبی SMR در جلسه اول آموزش،

۱۶- شیب خط تغییرات طیف توان نسبی SMR در جلسه دوم آموزش،

۱۷- شیب خط تغییرات طیف توان نسبی SMR در جلسه سوم آموزش،

۱۸- شیب خط تغییرات طیف توان نسبی SMR در جلسه چهارم آموزش،

۱۹- شیب خط تغییرات طیف توان نسبی SMR بین جلسه اول تا جلسه چهارم آموزش،

برای محاسبه ویژگی های ۱ تا ۶ طیف توان نسبی SMR با استفاده از روش شرح داده شده در ۴-۲ برای سیگنال مغزی هر سه مرحله ۵ دقیقه‌ای (در پروتکل اول) یا هر دو مرحله ۷.۵ دقیقه‌ای (در پروتکل دوم) در هر جلسه محاسبه شده و پس از میانگین‌گیری آن‌ها، اختلاف بین هر دو جلسه به دست آمده است.

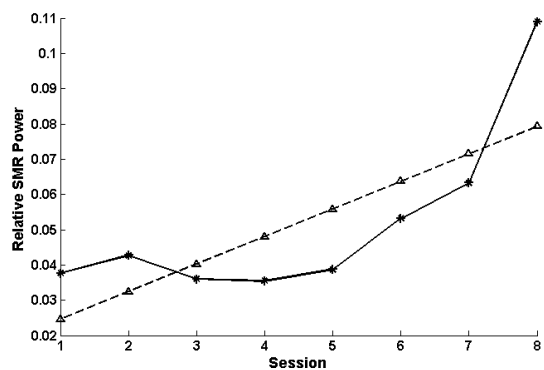
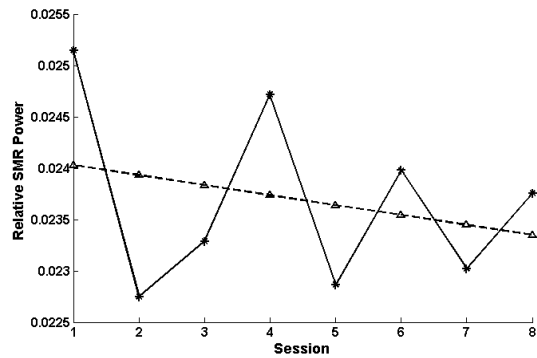
برای محاسبه ویژگی های ۷ تا ۱۰، تنها کافی است طیف توان نسبی SMR برای سیگنال مغزی

¹ - Mean Square Error

می‌بند و سپس با داده آزمون طبقه‌بندی کننده ارزیابی می‌شود. این کار برای تمام داده‌ها انجام شده و سپس درصد صحت برای تفکیک تمام داده‌های آزمون گزارش می‌شود.

همچنین با توجه به تعداد زیاد ویژگی‌های استخراج شده، برای انتخاب بهترین ترکیب ویژگی که بیشترین میزان تفکیک را داشته باشد تمام ترکیب‌های مختلف ۱۹ ویژگی با استفاده از یک طبقه‌بندی کننده خطی مورد ارزیابی قرار گرفته است. البته با توجه به تعداد کم سوژه‌ها ۱۹ نفر و به دلیل خطر یادگیری بیش از حد^۲ طبقه‌بندی کننده خطی، در این تحقیق فقط ترکیب‌های مختلف یک، دو، سه، چهار و پنج ویژگی بررسی شده است. سپس با استفاده از نرم افزار Matlab درصد تفکیک طبقه‌بندی کننده خطی برای ترکیب‌های مختلف ویژگی استخراج و بهترین ترکیب ویژگی که بالاترین درصد تفکیک را داشته باشد به دست آمده است.

در مرحله بعد ویژگی‌های استخراج شده از جلسه چهارم نوروفیدبک کنار گذاشته شده و فقط با ویژگی‌های جلسات اول تا سوم به انتخاب ویژگی‌های بهینه و دسته‌بندی داده‌ها پرداخته شده است. هدف از انجام این کار، پیشگویی آموزش موفق با استفاده از سیگنال مغزی نزدیکتر به جلسه اول آموزش بوده است. در انتها نیز به منظور بالاتر بردن صحت تفکیک، به جای طبقه‌بندی کننده خطی، از یک شبکه



شکل (۱): تغییرات طیف توان نسبی SMR در ۸ جلسه آموزش نوروفیدبک برای یک فرد موفق (شکل چپ) و یک فرد ناموفق (شکل راست). خط پیوسته بیانگر تغییرات طیف توان نسبی SMR و خط فاصله بیانگر خط برازش شده بر تغییرات طیف توان نسبی SMR در جلسات آموزش نوروفیدبک است.

۷-۲- طراحی طبقه‌بندی کننده

پس از استخراج ویژگی از سیگنال مغزی جلسات اول تا چهارم آموزش، به دسته بندی آن‌ها به دو گروه افراد موفق و ناموفق پرداخته شده است. به این منظور در مرحله اول از یک طبقه‌بندی کننده خطی و روش اعتبار سنجی^۱ LOO استفاده شده است. بر اساس این روش در هر مرحله داده یک نفر به عنوان داده آزمون نگه داشته شده و با الباقی داده‌ها طبقه‌بندی کننده خطی آموزش

2- Overfitting

1- Leave One Out

عصبی پرسپترون دو لایه استفاده شده است. ساختار شبکه عصبی استفاده شده در اینجا به صورت دو نورون در لایه مخفی و یک نورون در لایه خروجی بوده است. همچنین توابع نورون ها tansig استفاده شده است. برای آموزش شبکه عصبی از روش پس انتشار خطا^۱ با الگوریتم batch mode استفاده شده است. تعداد اپوکها برابر ۱۰۰۰ و میزان خطا برای توقف آموزش برابر ۰/۱ در نظر گرفته شده است. همچنین به دلیل تکرار ناپذیر بودن نتایج شبکه عصبی به خاطر مقدار دهی اتفاقی به وزن ها پس از هر بار اجرای آن، در اینجا شبکه عصبی ۱۰ بار اجرا شده و بین نتایج به دست آمده میانگین گیری شده است. در هر بار اجرای شبکه عصبی از مجموع داده های ۱۹ نفر، ۱۵ نفر به صورت اتفاقی به عنوان داده آموزش و ۴ نفر به عنوان داده آزمون انتخاب شده است.

۳- نتایج

با توجه به معیارهای شرح داده شده در بخش ۲-۵ برای تفکیک افراد موفق، از مجموع ۱۹ نفر (۹ زن) شرکت کننده در جلسات آموزش نوروفیدبک، ۱۱ نفر (۶ زن) توانسته اند به طور موفقیت آمیز طیف توان نسبی SMR را در طول جلسات افزایش دهند که ۷ نفر از آن ها با پروتکل اول (بازی قایق، پازل و تصاویر منظره) و ۴ نفر با پروتکل دوم (نمایش فیلم مستند) آموزش دیده اند. بنابراین درصد موفقیت پروتکل

اول در آموزش نوروفیدبک ۷۰٪ و در پروتکل دوم ۴۴٪ به دست آمده است.

در مرحله بعد به بررسی ترکیبات مختلف از ویژگیهای شرح داده شده در بخش ۲-۶ به منظور رسیدن به بالاترین درصد تفکیک با استفاده از طبقه بندی کننده خطی و روش LOO پرداخته شده است. طبق نتایج به دست آمده در بهترین حالت با استفاده از دو ویژگی تفاضل طیف توان نسبی SMR یک دقیقه آخر آموزش از یک دقیقه اول آموزش در جلسه چهارم (ویژگی ۱۴) و شیب خط تغییرات طیف توان نسبی SMR در جلسه چهارم آموزش (ویژگی ۱۸)، با صحت ۸۹/۵٪ در داده های آموزش و ۷۸/۹٪ در داده های آزمون، افراد موفق از افراد ناموفق تفکیک شده اند.

در مرحله بعد با هدف رسیدن به بهترین درصد تفکیک با سیگنال مغزی نزدیکتر به جلسه اول آموزش، ویژگی های جلسه چهارم از مجموع ویژگی ها حذف شده و دوباره ترکیبات مختلف ویژگی ها برای رسیدن به بالاترین درصد تفکیک با طبقه بندی کننده خطی مورد ارزیابی قرار گرفته است. بر اساس نتایج به دست آمده با استفاده از سه ویژگی تفاضل طیف توان نسبی SMR یک دقیقه آخر آموزش از یک دقیقه اول آموزش در جلسه دوم (ویژگی ۱۲) و شیب خط تغییرات طیف توان نسبی SMR در جلسه اول و جلسه سوم آموزش (ویژگی ۱۵ و ۱۷) با صحت ۹۴/۷٪ در داده های آموزش و ۷۳/۷٪ در داده های

آزمون، افراد موفق از افراد ناموفق تفکیک شده‌اند.

در نهایت به منظور بالاتر بردن صحت تفکیک با استفاده از شبکه عصبی به تفکیک داده‌ها پرداخته شده است. طبق نتایج به دست آمده پس از ۱۰ بار اجرای شبکه عصبی، به طور میانگین با استفاده از ویژگی‌های منتخب جلسه چهارم (ویژگی های ۱۴ و ۱۸)، با صحت ۹۴٪ در داده‌های آموزش و ۸۲/۵٪ در داده‌های آزمون افراد موفق از افراد ناموفق تفکیک شده‌اند. همچنین با استفاده از ویژگی‌های منتخب جلسه اول تا جلسه سوم نوروفیدبک (ویژگی های ۱۲، ۱۵ و ۱۷) به طور میانگین، با صحت ۹۰/۶۷٪ در داده‌های آموزش و ۷۵٪ در داده‌های آزمون، افراد موفق از افراد ناموفق تفکیک شده‌اند.

۴- بحث و نتیجه گیری

همان طور که در بخش نتایج اشاره شده است، از مجموع ۱۹ نفر شرکت کننده در جلسات نوروفیدبک، تنها ۱۱ نفر (۵۸٪ از افراد) قادر به افزایش طیف توان نسبی SMR در طول جلسات آموزش بوده‌اند، که ۷ نفر از آنها (۷۰٪ از افراد شرکت کننده در پروتکل اول) با استفاده از بازی قایق و پازل و تصاویر منظره متغیر و ۴ نفر از آنها (حدود ۴۴٪ از افراد شرکت کننده در پروتکل دوم) با استفاده از روش بزرگ کردن صفحه نمایش فیلم مستند، آموزش دیده‌اند. پروتکل اول درصد موفقیت بیشتری نسبت به پروتکل دوم داشته است؛ بنابراین می توان نتیجه گرفت نوع

فیدبک دریافتی می تواند یک عامل مؤثر در موفقیت فرد برای تقویت توان SMR در طول جلسات نوروفیدبک باشد. با توجه به اینکه در تحقیقات قبلی فعالیت SMR مرتبط با حالت تمرکز بدون حرکت و اضطراب، شناخته شده است [۱]، بنابراین انجام بازی‌های قایق و پازل و تصاویر منظره متغیر به نوبه خود می‌تواند به طور مؤثرتری نسبت به روش بزرگ کردن صفحه نمایش یک فیلم مستند، تمرکز افراد را در حین اجرای نوروفیدبک SMR افزایش دهد و احتمال موفقیت افراد را در طی فرآیند آموزش نوروفیدبک بالاتر ببرد.

علاوه بر این در این تحقیق با هدف پیشگویی آموزش موفق با استفاده از سیگنال مغزی جلسات اولیه نوروفیدبک به تفکیک افراد موفق از افراد ناموفق پرداخته شده است. طبق نتایج به دست آمده در بهترین حالت با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون و سیگنال مغزی جلسه چهارم آموزش با صحت ۹۴٪ در داده‌های آموزش و ۸۲/۵٪ در داده‌های آزمون، افراد موفق از افراد ناموفق تفکیک شده‌اند. بنابراین بر اساس روش ارائه شده در این تحقیق می توان با صحت قابل قبولی در جلسات اولیه نوروفیدبک افراد ناموفق را شناسایی کرده و آن‌ها را از شرکت در جلسات بعدی نوروفیدبک منع کرد و از این طریق در وقت و هزینه صرفه جویی کرد. همچنین ممکن است از طریق صحبت کردن با شخص و راهنمایی وی و یا حتی تغییر نوع فیدبک، احتمال

موفقیت فرد را در جلسات بعدی نوروفیدبک افزایش داد. از طرفی با توجه به ویژگی‌های برتر انتخاب شده برای تفکیک افراد موفق از افراد ناموفق در این تحقیق، مشخص می‌شود که اشخاص موفق پس

از شرکت در چند جلسه نوروفیدبک (سه تا چهار جلسه) قادر خواهند بود طیف توان نسبی SMR را در حین جلسه تغییر دهند و به همین دلیل از افراد ناموفق قابل تفکیک هستند.

۵- مراجع:

1. Thompson M, Thompson L, "Part one: What neurofeedback is and the science behind it. The neurofeedback book: An Introduction to Basic Concepts in Applied Psychophysiology: The Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback", 2003. pp. 1-51.
2. Vernon D, Frick A, Gruzelier JH, "Neurofeedback as a treatment for ADHD: a methodological review with implications for future research". J Neurother, 8:53-82, 2004.
3. Monderer RS, Harrison DM, Haut SR, "Review: Neurofeedback and epilepsy". Epilepsy behav, 3:214-218, 2002.
4. Coben R, Linden M, Myers TE, "Neurofeedback for autistic spectrum disorder: a review of the literature". Appl Psychophys Biof, 35:83-105, 2010.
5. Hammond DC, "Neurofeedback with anxiety and affective disorders". Child Adolesc Psychiatr Clin N Am, 14:105-123, 2005.
6. Berner I, Schabus M, Wienerroither T, Klimesch W, "The significance of sigma neurofeedback training on sleep spindles and aspects of declarative memory". Appl Psychophysiol Biofeedback, 31:97-114, 2006.
7. Hammond DC, Baehr E, "Neurofeedback for the treatment of depression: Current status of theoretical issues and clinical research. In: Budzynski T, Budzynski H, Evans J, Abarbanel A (eds). Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback, Second Edition: Advanced Theory and Applications Academic press", 2009. pp. 295-313.
8. Hanslmayr S, Sauseng P, Doppelmayr M, "Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance in human subjects". Appl Psychophys Biof, 1:10-30, 2005.
9. Keizer AW, Verment RS, Hommel B, "Enhancing cognitive control through neurofeedback: A role of gamma-band activity in managing episodic retrieval". NeuroImage, 49:3404-3413, 2010.
10. Vernon D, Egnor T, Cooper N, Compton T, Neilands C, Sheri A, et al., "The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance". Int J Psychophysiol, 47:75-85, 2003.
11. Egnor T, Gruzelier JH, "EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials". Clin Neurophysiol, 115:131-139, 2004.
12. Raymond J, Varney C, Parkinson LA, Gruzelier JH, "The effects of alpha/theta neurofeedback on personality and mood". Cog Brain Res, 23:287-292, 2005.
13. Arns M, Kleinnijenhuis M, Fallahpour K, Breteler R, "Golf performance enhancement and real-life neurofeedback training using personalized event-locked EEG profiles". J Neurother, 11:11-18, 2007.
14. Landers D, Petruzzello S, Salazar W, Crews D, Kubitz K, TL G, "The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers". Med Sci Sport Exer, 23:123-129, 1991.
15. Egnor T, Gruzelier J, "Ecological validity of neurofeedback: Modulation of slow wave EEG enhances musical performance". NeuroReport, 14:122۲۰۰۳, ۱۲۲۴-۱
16. Raymond J, Sajid I, Parkinson L, Gruzelier J, "Biofeedback and dance performance: A preliminary investigation". Appl Psychophysiol Biofeedback, 30:65-73, 2005.

17. Linden M, Habib T, Radojevic V, “**A controlled study of the effects of EEG biofeedback on the cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities.**” *Biofeedback Self Regul*, 21:35-48, 1996.
18. Kotchoubey B, Strehl U, Uhlmann C, Holzapfel S, Koenig M, Froescher W , et al., “**Modification of slow cortical potentials in patients with refractory epilepsy: A controlled outcome study.**” *Epilepsia*, 42:406-416, 2001.
19. Rockstroh B, Elbert T, Birbaumer N, Wolf P, Duchting-Roth A, Reker M , et al., “**Cortical self-regulation in patients with epilepsies**”. *Epilepsy Research*, 14:63-72, 1993.
20. Doehnert M, Brandeis D, Straub M, Steinhausen HC, Drechsler R, “**Slow cortical potential neurofeedback in attention deficit hyperactivity disorder: Is there neurophysiological evidence for specific effects?**”. *J Neural Transm*, 115:1445-1456, 2008.
21. <http://www.thoughttechnology.com>.
22. [Welch P, “**The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra: a method based on time averaging over short, modified periodograms**”. *IEEE Trans Audio Electroacoust* 15:70–73, 1967.
23. Hanslmayr S, Sauseng P, Doppelmayr M, Schabus M, Klimesch W, “**Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance in human subjects**”. *Appl Psychophys Biof*, 30:1-10, 2005.

ارائه روشی جدید جهت پردازش سیگنال‌های سنسورهای بی‌سیم در ECU

خودروها

یادداشت پژوهشی

اباذر برزگر^{۱*}، سید محسن موسوی^۲

^۱دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نیریز، گروه مهندسی برق و کامپیوتر، نیریز، ایران

^۲دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نیریز، گروه مهندسی مکانیک، نیریز، ایران

چکیده:

امروزه خودروها یکی از بزرگترین بخشهایی هستند که در آنها از سنسور استفاده می‌شود، به طوری که سنسورها نقش بسیار مهمی در سیستم‌های الکترونیکی خودروها بر عهده دارند. عملکرد بهینه خودروهای امروزی تا حد زیادی به نوع، تعداد و عملکرد سنسورهای مختلف مورد استفاده در آنها بستگی دارد. سیگنال‌های ارسالی از این سنسورها به واحد کنترل الکترونیکی (ECU)، باید توسط این واحد پردازش شده و پاسخ‌های مناسب به عمل‌کننده‌ها داده شود. در این مقاله، یک الگوریتم جدید جهت دسته‌بندی و پردازش سیگنال‌های ارسالی از این سنسورها در ECU ارائه گردیده که می‌تواند به میزان زیادی سرعت پردازش را افزایش دهد. به منظور تایید عملی الگوریتم ارائه شده، از ECU خودروی پراید مدل صبا جهت استفاده الگوریتم و مقایسه نتایج به دست آمده در این حالت با وضعیت قبلی استفاده شده است. نتایج بدست آمده، سرعت پردازش بیشتری را با استفاده از الگوریتم ارائه شده نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی:

سنسورها، ECU، CWAT، الگوریتم

* عهده دار مکاتبات

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نیریز، گروه مهندسی برق و کامپیوتر، نیریز، ایران

پست الکترونیکی: lautech.barzegar@iauneyriz.ac.ir

سنسورها از لحاظ تجاری از طریق سازندگانی از قبیل Sinsoria و Crossbow Technology قابل دسترسی می باشند. در بهار ۲۰۰۲، آزمایشگاه تحقیقاتی اینتل در برکلی با دانشکده آتلانتیک و دانشگاه کالیفرنیا شبکه ای را در جزیره گریت داک توسعه دادند. این سنسورها وضعیت آب و هوایی را در داخل و اطراف پناهگاهها نمایش داده و بطور متناوب دما، رطوبت، فشار هوا به ایستگاه اصلی کامپیوتر در جزیره گزارش می دادند. در جولای ۲۰۰۴ یک شبکه سنسور بی سیم کوچک از سه گره روی آتشفشان تا نگورا به عنوان یک نشانه کلی، گسترش داده شد. این گره ها به میکروفنهایی مجهز شدند تا بتوانند داده های مافوق صوتی ممتد را از فوران آتشفشان مذکور بدست آورند. کاربردهای شبکه سنسور می تواند به صورت سه طبقه بر اساس تحویل داده ها و الگوی ارتباطی بین سنسورها و ایستگاه اصلی طبقه بندی شوند. در این زمینه چندین الگوریتم خوشه ای در این سال های اخیر پیشنهاد شده است. اغلب این الگوریتم ها ذهنی هستند و منظور از آنها به حداقل رساندن تعداد خوشه ها بوده است. برخی از الگوریتم ها، سنسورها را در داخل خوشه ها سازماندهی می کنند، این در زمانی است که به حداقل رساندن مصرف انرژی برای جمع آوری اطلاعات و ارتباط اطلاعات در ایستگاه اصلی (مبداء) مورد نیاز است. شاید اولی ترین روش های خوشه ای شدن الگوریتم ذهنی مبتنی بر

شناساگر است که الگوریتم خوشه ای پیوند شده نام دارد. چنانچه حسگر بالاترین تعداد شناسایی در میان تمام حسگر بین یک جهش از مجاورها یا همسایه های آنها باشد انتخاب حسگر می تواند در این حالت سرشاخه یا سرخوشه باشد. الگوریتم های ذهنی با محوریت اتصال، حسگرهای دارای حداکثر تعداد همسایه های یک جهشی (به عبارت دیگر بالاترین درجه) که می تواند سرشاخه باشد را انتخاب می کند. الگوریتم های خوشه ای شونده موزن شده، تعداد همسایه ها، قدرت انتقال، قابلیت حرکت و استفاده باطری را در انتخاب خوشه ها اعمال می کند. این مورد، تعداد حسگرها را در یک شاخه محدود می کند، طوری که سرخوشه ها می توانند بدون کم شدن عملکرد آنها بار را اداره کنند. این روش های خوشه ای شدن متکی به عمل کردن سرساعتی همزمان برای مبادله اطلاعات بین حسگرها است و به طور نمونه، این الگوریتم ها نسبت به شبکه های کوچکتر محدود می گردند [۱].

امروزه خودروها یکی از بزرگترین بخش هایی هستند که در آنها از سنسور استفاده می شود، به طوری که سنسورها نقش بسیار مهمی در سیستم های الکترونیکی خودروها بر عهده دارند. عملکرد بهینه خودروهای امروزی تا حد زیادی به نوع، تعداد و عملکرد سنسور های مختلف مورد استفاده در آنها بستگی دارد. سیگنال های ارسالی از این سنسور ها به واحد کنترل الکترونیکی (ECU)، باید توسط این واحد پردازش شده و پاسخ های

1. ECU: Electronic control unit

مناسب به عمل کننده ها داده شود. از آنجایی که هر روز به تعداد و نوع سنسورهای مورد استفاده در خودروها افزوده می شود، بنابراین الگوریتم های جدید تری نیز باید جهت پردازش سریع تر و دقیق تر این سیگنال ها در واحد کنترل الکترونیکی، به کار گرفته شود. در این مقاله، ضمن معرفی انواع سنسورهای مورد استفاده در خودروها، یک الگوریتم جدید نیز جهت دسته بندی و پردازش سیگنال های ارسالی از این سنسورها در واحد کنترل الکترونیکی ارائه گردیده که می تواند به میزان زیادی سرعت پردازش را افزایش دهد. به منظور تایید عملی الگوریتم ارائه شده، از ECU خودروی پراید مدل صبا جهت استفاده الگوریتم و مقایسه نتایج به دست آمده در این حالت با وضعیت قبلی استفاده شده است.

۲- انواع سنسور های مورد استفاده در خودروها

۲-۱- سنسور های فشار

امروزه سنسورهای فشار به طور گسترده ای در خودروها مورد استفاده قرار می گیرند. تاریخچه سنسورهای فشار به سال ۱۹۷۹، برای اندازه گیری فشار مطلق منیفولد جهت کنترل احتراق در موتور برمی گردد. ولی کاربردهای دیگری نیز برای نواحی فشار بالا مانند تشخیص فشار سیستم تعلیق و فشار مایع میرد سیستم تهویه خودرو پیدا کرد. بعد از مصرفی OBD (استاندارد عیب یابی on-board) کاربرد این سنسور ها به نواحی کم فشار نظیر تشخیص

نشستی بخار بنزین نیز گسترش پیدا کرد. امروزه سنسورهای فشار در نواحی با فشار بسیار زیاد نظیر سیستم های سوخت رسانی بنزینی و دیزلی ریل مشترک نیز کاربرد زیادی پیدا کرده اند [۴].

۲-۲- سنسور های فشار بالا

در خودروهای جدید لازم است که فشارهای زیاد در محدود ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ بار نیز اندازه گیری شود که این کار به خاطر مقررات جدید مربوط به ایمنی خودروها و تولید آلاینده های آنها می باشد و لزوم استفاده از سنسور های فشار بالا با دقت قابل قبول، طول عمر زیاد و هزینه پایین را به وجود آورده است. این نوع سنسورها در موارد زیر به کار می روند [۲]:

۱- ترمز های الکتروهیدرولیکی (EHB)

۲- برنامه پایداری الکترونیکی (ESP)

۳- تزریق مستقیم بنزین

۴- تزریق مستقیم سوخت گازوئیل

۲-۳- سنسور های دما

کاربرد سنسورهای دما در خودروها، تاریخچه ای طولانی دارد. کنترل دمای موتور با استفاده از سنسور دما، یکی از اولین کاربردهای سنسور در خودرو بوده است در خودروهای مدرن امروزی، دما یکی از مهمترین پارامترهای فیزیکی است که اندازه گیری می شود و کاربردهای آن عبارتند از مدیریت و کنترل پارامترهای موتور، اندازه گیری دمای سیال میرد بازگشتی جهت کنترل سرعت فن، کنترل دمای روغن گیربکس، اندازه گیری دمای سوخت،

را فراهم کرده و سنسور زاویه میل لنگ نیز برای تعیین دور موتور و موقعیت پیستون نسبت به میل لنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴].

۲-۶- سنسورهای زاویه فرمان

سنسورهای زاویه فرمان (SAS)، در سیستم‌های ESP به کار می‌روند، زیرا این سیستم‌ها برای اطلاع از بیش فرمانی یا کم فرمانی خودرو نیاز به اطلاعات مربوط به زاویه فرمان، سرعت چرخ‌ها و شتاب جانبی خودرو دارد تا بتواند با اعمال نیروی ترمز جداگانه روی چرخ‌ها، خودرو را به وضعیت اول برگرداند. امروزه SAS در بسیاری از خودروهای سواری و کامیون‌ها به عنوان بخشی از سیستم‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳ و ۴]:

۱- ESP (برنامه پایداری الکترونیکی)

۲- EPS (کنترل برقی)

۳- ABC (کنترل فعال بدنه)

۴- BCD (میرایی در کنترل بدنه)

۵- ACC (کروز کنترل تطبیقی)

۶- سیستم‌های ناوبری

۷- چراغ جلو هوشمند

۸- AFS (فرمان پذیری فعال جلو و عقب)

۲-۷- سنسورهای نیرو و گشتاور

سنسورهای نیرو تنها در ماشین‌های کشاورزی برای اندازه‌گیری بار وارد بر میله اتصال و نیز در خودروهای تحت آزمایش برای توسعه سیستم‌ها و یا تایید نتایج شبیه‌سازی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. سنسورهای

اندازه‌گیری دمای هوای ورودی، اندازه‌گیری دمای هوای محیط، اندازه‌گیری دمای قسمت مسافران، اندازه‌گیری دمای گازهای خروجی قبل و بعد از کاتالیزور و اندازه‌گیری دمای هوای فشرده بعد از توربو شارژ یا سوپر شارژر. به طور کلی سنسورهای دما، برای عیب‌یابی، کنترل عملکرد خودرو و تهیه اطلاعات مورد نیاز سیستم‌های کنترل آلایندگی و تجهیزات متداول به کار می‌روند. امروزه در یک خودروی مدرن، بین ۵ تا ۱۰ سنسور دما مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳].

۲-۴- سنسورهای دبی جریان

برای کنترل مصرف سوخت و نیز آلایندگی خودروها، سیستم‌های تزریق سوخت مدرن، نیازمند اندازه‌گیری دقیق جرم هوای ورودی می‌باشند. برای اندازه‌گیری دبی جرمی هوای ورودی از دو روش مستقیم و غیرمستقیم می‌توان استفاده کرد. در روش غیرمستقیم، چگالی هوای بالا دست سوپاپ‌های ورودی، از طریق اندازه‌گیری فشار و دما و دبی حجمی هوا نیز از طریق اندازه‌گیری دور موتور و کورس پیستون، تعیین می‌شوند. به این ترتیب می‌توان راندمان حجمی موتور را نیز به دست آورد. روش غیرمستقیم معایبی از قبیل adulteration ناشی از باز چرخش گازهای خروجی و تغییرات راندمان حجمی دارد که روش مستقیم فاقد آنها می‌باشد.

۲-۵- سنسورهای زاویه میل لنگ و بادامک

سنسور زاویه بادامک، اطلاعات مورد نیاز برای تعیین شماره سیلندر نسبت به میل بادامک

گشتاور نیز در سیستم های فرمان برقی کاربرد دارند [۶].

۸-۲- سنسور اکسیژن

از این سنسور برای اندازه گیری نسبت هوا به سوخت و کنترل بهینه آن و نیز تصفیه کامل گاز های خروجی توسط مبدل کاتالیزوری استفاده می شود.

۹-۲- سنسور های شیمیایی

غیر از سنسور اکسیژن که در بالا دست مبدل کاتالیزوری قرار داشته و برای کنترل نسبت هوا به سوخت استفاده می شود، سنسور دیگری نیز در پایین دست مبدل کاتالیزوری قرار گرفته و عملکرد آن را بررسی می کند [۵].

۱۰-۲- سنسور فشار باد تایر

این سنسور وظایف زیر را بر عهده دارد [۶]:

۱- تشخیص وضعیت چرخ ها

۲- بررسی فشار باد تایر

۳- نشان دادن فشار باد تایر به راننده موقع

شروع حرکت خودرو

۴- هشدار در موقع کم شدن باد تایر

۵- عیب یابی سیستم

۳- الگوریتم خوشه بندی از طریق تایمر تاخیر

خوشه بندی سنسورها امکان خود تنظیمی آنها را فراهم می سازد و چون هر خوشه اطلاعات خود را با سر خوشه مبادله می کند، ترافیک شبکه کمتر شده و سرعت انتقال بیشتر می شود. همچنین خوشه بندی بر اساس مقیاس

مقدار انرژی باقی مانده نسبت به همسایه ها به طور متناوب انتخاب می شود تا مصرف انرژی بهینه شده و هزینه ارتباطی به حداقل برسد.

این بخش یک الگوریتم توزیع شده تصادفی را تشریح می کند که خوشه ها را به صورت خودکار در یک شبکه ادهاک شکل می دهد. در اینجا هیچ گونه ایستگاه مبداء برای فعالیت های هماهنگی یا نظارتی در بین حسگرها وجود ندارد. از این رو حسگرها می بایستی تمام تصمیمات را بدون ارجاع به یک کنترل کننده متمرکز، انجام دهند. هر کدام از پخش کننده حسگرهای فعال حضور خودشان را از طریق سیگنال «سلام» (Hello) اعلان می کنند و به «سلام» همسایگان خود گوش می دهند. حسگرهایی که اغلب صداهای همسایه ها را می شنوند، کاندیدای خوبی برای آغاز کردن خوشه جدید هستند و آنهایی که از همسایگان صداهای کمی می شنوند می بایستی فرصت تاخیر را داشته باشند. حسگرها از طریق تنظیم کردن تایمرهای تاخیر تصادفی خودشان می توانند در داخل خوشه های حساس همکاری کنند، طوری که بعداً بتوان به عنوان متقاضی برای ارتباط بیشتر و پردازش داده ها مورد استفاده قرار بگیرند. بعد از به کار گیری هر کدام از حسگرها یک تایمر تاخیر تصادفی را تنظیم می کنند چنانچه زمان تایمر سپری شد در این صورت خود حسگر اعلان می کند که یک سر خوشه و یک نقطه کانونی یک خوشه جدید می گردد. فرض را بر این بگذارید که ارزش اولیه زمان تاخیر یک حسگر برابر با $DT_i^{(0)}$ و i

باشد. این مورد یک نمونه از توزیع $c+\alpha.u(l)$ است که این درحالی است c, α ارقام مثبت می باشند و $U(0,1)$ یک توزیع یکنواخت است. در مرحله خوشه‌ای شدن شبکه، هر حسگر پیغام «سلام» پخش می‌کند که در یک زمان رندم است. این امر این امکان را به هر حسگر می‌دهد تا تعداد همسایه‌هایی که وجود دارند را مورد برآورد قرار دهد. حسگرها اطلاعات همسایه خودشان را به روز می‌کنند (به عبارت دیگر این طور کنترل می‌کنند که چه تعدادی از همسایه‌ها را حسگر مورد شناسایی قرار داده است) و بر اساس هر پیغام "سلام" جدید دریافت شده زمان تاخیر تصادفی را کاهش می‌دهند. این امر حسگرها را تشویق می‌کند تا با خیلی از همسایه‌ها سرخوشه بشوند. فرمول برای به روز کردن زمان تأخیر تصادفی حسگر i به شکل زیر است [۸ و ۹]:

$$DT_k^{k+1} = \beta . DT_i^k \quad (1)$$

این در صورتی است که DT_i^k زمان تاخیر حسگر i در گام زمان k و $0 < \beta < 1$ می‌باشد. اگر هر دو مورد شرایط زیر به کار برده شود، در این صورت حسگرخودش را به عنوان یک سرخوشه اعلان می‌کند:

- تایمر تأخیر تصادفی سپری شده باشد به عبارت دیگر $DT_i = 0$.

- هیچ کدام از حسگرهای همسایه قبلاً عضو یک خوشه نباشد.

چنانچه حسگر i شرایط فوق الذکر را تأمین کند، در این حالت حسگر یک پیغامی را اعلان می‌کند که این امر آغاز یک خوشه جدید است. این

مورد همین طور کار می‌کند تا همسایگی خودش را اعلان کند و آنهایی که ID خوشه جدید i را تعیین کرده اند به آن متصل می‌شوند. زمانی که یک حسگر به خوشه متصل می‌شود آن حسگر یک پیغام "سلام" به روز شده می‌فرستد و تایمر تاخیر خودش را به این ترتیب متوقف می‌کند. روش اجرایی کامل مرحله آغاز CAWT در جدول شماره (۱) ذکر گردیده است. بعد از به کار بردن CAWT سه نوع مختلف از حسگرها وجود خواهند داشت که به شرح زیر می‌باشند [۱۲]:

۱- سرخوشه‌ها ۲. حسگرهای دارای یک ID خوشه تعیین شده. ۳- حسگرهایی که، حسگرهای ۲ جهشی می‌باشند. این حسگرها به خوشه نزدیک بعد از T ثانیه وصل خواهند شد. این در صورتی است که T یک مورد انتخاب شده ثابت می‌باشد که بزرگتر از تمام زمان‌های تاخیر می‌باشد.

۳-۱- روش‌های ساده شده خوشه بندی

به لحاظ پیچیدگی CAWT ارزیابی کردن الگوریتم‌ها به صورت مستقیم بجای روش شبیه سازی مشکل است. از این رو وصل شدن میان حسگرها و تعداد حسگرهای همسایه نقش مهمی در CAWT بازی می‌کنند. بنابراین بررسی و تطبیق عملکرد از دید گاه این پارامترها امری معقول و منطقی است. بنابراین ما الگوریتم و رفتار الگوریتم را با استفاده از دو روش ساده شده تلخیص کرده‌ایم طوری که عملکرد عمومی

دلخواه و مطلوب مورد تخمین واقع می‌شود [۱۱]. اولین مدل ساده شده مدل تراکم همسایگی است که به صورت مشروح و به روز در جدول شماره (۲) آورده شده است. ایده اصلی NDM بر فرض این احتمال قرار دارد که هر حسگری که یک سرخوشه می‌شود. یعنی P_i در این حالت N_i

نسبتی از تعداد حسگرهای همسایه شونده است به عبارت دیگر به شکل رابطه (۲) است [۱۳ و ۱۴].

$$p_i \propto \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (2)$$

جدول (۱): الگوریتم CAWT برای تقسیم حسگرها در خوشه‌ها

<p>در غیر این صورت: اطلاعات همسایه را جمع آوری کن</p> <p>۴- زمان تأخیر تصادفی را مطابق با معادله $DT_i^{k+1} = \beta \cdot DT_i^k$ کاهش می‌دهیم</p> <p>۵- چک کردن سر خوشه</p> <p>- اگر $DT_i^k = 0$ بود و سنسورهای همسایه جز هیچکدام از سرخوشه‌های دیگر نبودند</p> <p>(a) مشخصات خودش را برای سر خوشه شدن انتشار دهد</p> <p>(b) سنسورهای همسایه را برای ID خوشه i تعیین کن. (توقف الگوریتم)</p> <p>- در غیر این صورت اگر $DT_i^k = 0$ بود ولی بعضی از همسایه‌ها جز خوشه‌های دیگر بودند: بعد از τ ثانیه به خوشه نزدیکتر متصل شود در صورتی که τ از هر زمان تأخیر ممکن بزرگتر است. (پایان الگوریتم)</p> <p>- در غیر این صورت برو به مرحله ۳</p> <p>پایان</p>	<p>۱- هر سنسور در ابتدا یک زمان تأخیر تصادفی با مقدار $DT_i^{(0)}$ می‌گیرد</p> <p>۲- هر سنسور یک پیام "Hello" در زمان تصادفی ارسال می‌کند:</p> <p>یک نمونه Γ از توزیع $U(0,1) \cdot \lambda \cdot DT_i^{(0)}$ در صورتیکه $0 < \lambda < 0.5$</p> <p>دریافت می‌کند در زمان Γ منتظر می‌ماند و سپس "Hello"</p> <p>۳- بنا نهادن و به روز کردن مشخصات همسایه :</p> <p>اگر یک سنسور در زمان گام k یک پیام تعیین کننده ID خوشه دریافت کرد آنگاه</p> <p>(a) به خوشه مکاتبه کننده متصل شود.</p> <p>(b) یک نمونه r' از توزیع $U(0,1) \cdot DT_i^k$ دریافت کند.</p> <p>در زمان r' صبر کند و سپس یک پیام "Hello" به روز شده با ID خوشه جدید ارسال کند.</p> <p>زمان تأخیر خود را صفر کند. (توقف الگوریتم)</p>
---	---

۲-۱-۱- مدل تراکم یا چگالی همسایه بودن

(NDM)ⁱ

چنانچه حسگر قبلاً به عنوان یک سرشاخه

انتخاب شده باشد و حسگرهای همسایه آن قبلاً

در دیگر خوشه‌ها نباشند؛ در این صورت حسگر

دارای بزرگترین P_i که انتخاب شده است می‌تواند

یک سر خوشه باشد و آن احتمال را برای

همسایه‌های خودش تعیین می‌کند [۱۶].

جدول (۲): یک روال برای آنالیز CAWT

یک نسبت از تعداد سنسورهای همسایه باشد داریم: N_i و اگر i برای سنسور p_i تعیین احتمال (a)

$$p_i \propto \frac{N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

(b) برابر با مجموعه‌ای از سنسورهای همسایه سنسور i و I اندیس مجموعه‌ای از سر خوشه‌ها.

(c) $P^{(k)}, \bar{P}^{(k)}, \tilde{P}^{(k)}$ برابر یک می‌باشند بواسطه n بردار برای ذخیره توزیع احتمال در زمان گام k .

(d) $k=0$ و $P^{(0)} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ قرار می‌دهیم.

تا زمانی که مجموع $P^{(k)} > 0$ می‌باشد مراحل زیر را انجام ده:

۱- انتخاب یک سر خوشه اگر $j = \max_i \{p_i^k\}, j \in I$.

۲- به روز کردن توزیع احتمالات:

$$\tilde{p}_i^{(k)} = p_i^{(k)} \cdot 1_{\{i \notin B_j, B_i \cap B_j = \emptyset\}}$$

$$\bar{p}_j^{(k)} = 0$$

۳- نرمال کردن توزیع احتمالات به روز شده:

if $\text{sum}(\tilde{P}^k) > 0$

$$\bar{p}_i^k = \tilde{p}_i^k / \text{sum}(\tilde{P}^k).$$

else $\bar{P}^k = \tilde{P}^k$.

۴- ذخیره نرمال شده توزیع احتمالات

$$P^k = \bar{P}^k$$

$$k = k + 1.$$

پایان

بنابراین یک حسگر یک سرشاخه می‌شود. این در صورتی است که آن حسگر دارای بالاترین تراکم یا چگالی همسایه بودن در بین تمام حسگرهایی که هنوز اعضای خوشه نشده‌اند می‌باشد. علاوه بر این اگر یک حسگر عضوی از یک خوشه نباشد و برخی از همسایگان آن قبلاً اعضای خوشه بوده باشند. در این صورت حسگر می‌بایستی منتظر بماند و بعداً به نزدیک ترین خوشه بپیوندد. بعد از نرمالیده شدن توزیعات احتمالی به روز شده حسگرها، این دستورالعمل تکرار خواهد شد تا تمام حسگرها عضوی از یک خوشه بشوند. منطق برای این انتخاب این است که زمان تأخیر هر حسگر به مقدار کافی طولانی باشد [۱۸].

۳-۲- مدل میانگین گرفته شده (AM)

این مدل‌های دارای بخش فرعی CAWT به وسیله روش میانگین گرفتن ساده شده است. فرض را بر این بگذارید که یک سرشاخه ساده و یک تعداد میانگین حسگرهای همسایه $E^{(k)}N_i$ ، در خلال تکرار k وجود دارند و هر حسگر با احتمال $P_m^{(k)} = r_k/m_k$ برداشته شود، در این حال r_k حسگرهایی که می‌بایستی برداشته شود

و m_k تعداد حسگرهای باقی مانده در تکرار k باشد. توجه داشته باشید مجموع حسگرهای در تکرار k به وسیله V_k صورت می‌گیرد. از این رو یک سرخوشه و حسگرهای همسایه آن در هر تکرار برداشته می‌شوند. مجموع حسگرها در تکرار بعدی یعنی V_{k+1} به وسیله یک شبکه جدید و کوچکتر ساده می‌گردد. طبق الگوریتم NDM بخش بعدی می‌تواند برای تخمین زدن توزیع تعداد سرخوشه‌ها در تکرار k به وسیله $N(\mu_k, \sigma_k^2)$ به کار برده شود. در صورت وجود $\mu_i^{(k)} = \sum_{i=1}^{mk} p_i^{(k)}$ و $\sigma_2^k = \sum_{i=1}^{mk} p_i^{(k)}$ که m_k عبارت است از حسگرها در V_k و $p_i^{(k)}$ توزیع احتمال به روز شده حسگرها در تکرار $k, i \in I_k$ است و I_k مجموعه شاخص حسگرها در تکرار k می‌باشد. از زمانی که روش اجرای خاتمه پیدا می‌کند، تعداد تکرارها یک تخمینی از تعداد سرخوشه‌ها شکل گرفته در شبکه خواهد بود. یک نمونه از مدل میانگین گرفته شده در جدول شماره (۳) آورده شده است [۱۵ و ۱۶ و ۱۷].

جدول: (۳): مدل میانگین گرفته شده (AM) یک روال برای آنالیز CAWT

قرار می‌دهیم. k برابر با مجموعه‌ای از سنسورهای همسایه در تکرار N_b^k (a)

$$N_b^k = \sum_{i=1}^{m_k} N_i^k$$

m_k تعدادی از سنسورهای باقیمانده در تکرار k است و $i \in I_k$ که I_k اندیس مجموعه‌ای از سنسورها در تکرار k است.

(b) $E^k[N_i]$ برابر با میانگین تعداد همسایه‌ها در تکرار k است.

(c) P_i^k احتمالی برای سنسور i و N_i^k تعدادی از حسگرهای همسایه است

پس:

$$P_i^k \propto \frac{N_i^k}{N_b^k}$$

(d) $k = 0, m_0 = n, r_0 = 0$ قرار دهید.

While $(m_k - r_k) > 0$ Then

$$r_k = \lceil E^k[N_i] \rceil + 1,$$

$$m_{k+1} = m_k - r_k,$$

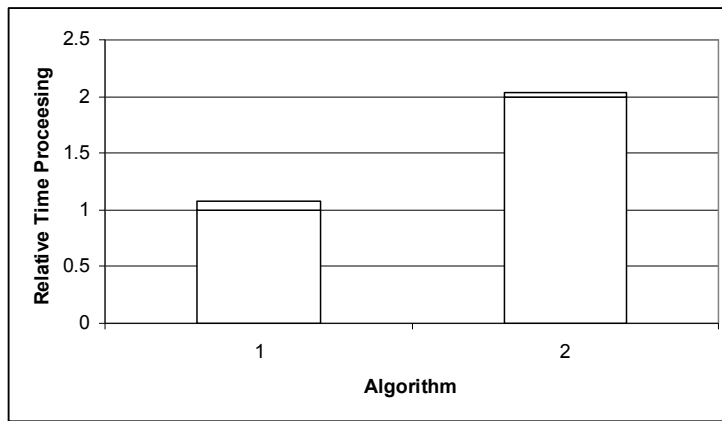
$$k = k + 1.$$

پایان.

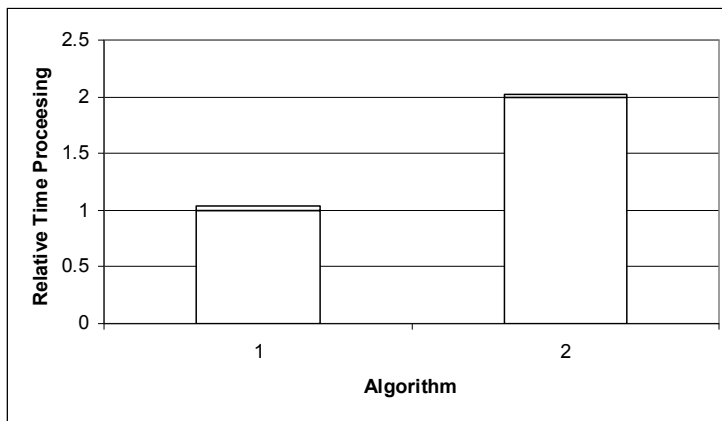
۴- مطالعه موردی

الگوریتم ارائه شده برای ECU خودروی پراید مدل صبا مورد استفاده قرار گرفت. در این مرحله ابتدا تعداد سنسورها را از ۴ تا ۹ افزایش داده و سپس با الگوریتم قبلی، ECU جهت تطابق با تعداد سنسورها و سیگنال‌های آنها برنامه‌ریزی گردید.

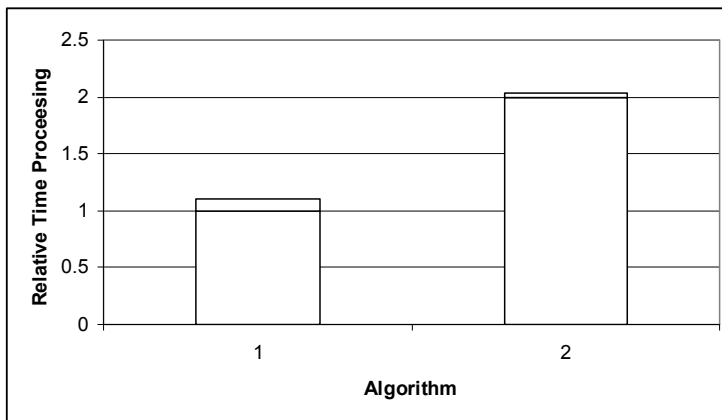
در مرحله بعد دوباره تعداد سنسورها را از ۴ تا ۹ تغییر داده، ولی این بار ECU با الگوریتم جدید برنامه‌ریزی گردید. در تمام این مراحل زمان پردازش با الگوریتم جدید نسبت به الگوریتم قبلی رسم شده است.



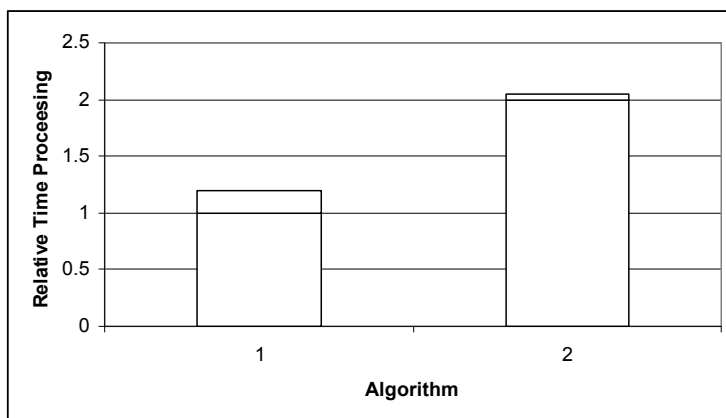
شکل (۱): مقایسه زمان پردازش سیگنال‌ها در وضعیت استفاده از ۴ سنسور



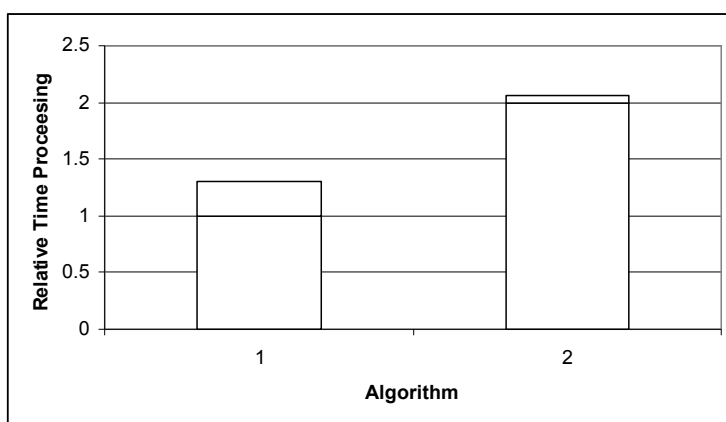
شکل (۲): مقایسه زمان پردازش سیگنال‌ها در وضعیت استفاده از ۵ سنسور



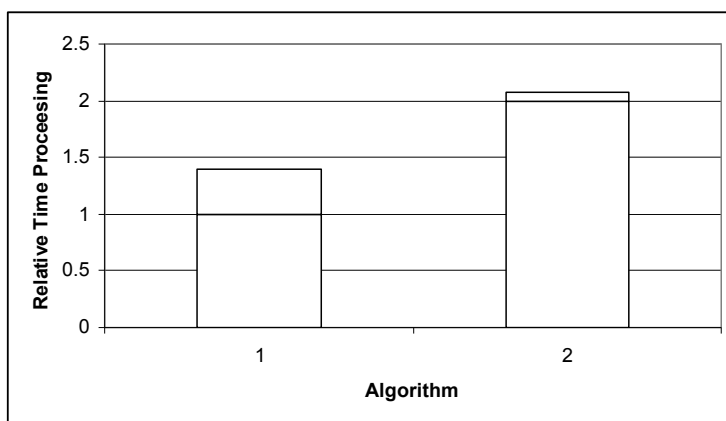
شکل (۳): مقایسه زمان پردازش سیگنال‌ها در وضعیت استفاده از ۶ سنسور



شکل (۴): مقایسه زمان پردازش سیگنال‌ها در وضعیت استفاده از ۷ سنسور



شکل (۵): مقایسه زمان پردازش سیگنال‌ها در وضعیت استفاده از ۸ سنسور



شکل (۶): مقایسه زمان پردازش سیگنال‌ها در وضعیت استفاده از ۹ سنسور

مطابق شکل های (۱) الی (۶) واضح است که هرچه تعداد سنسورها افزایش یابد، اختلاف زمان پردازش با استفاده از دو الگوریتم نیز افزایش می یابد (الگوریتم پیشنهادی (۱) و الگوریتم اولیه (۲)). این نتایج نشان می دهد که الگوریتم ارائه شده در این پژوهشی می تواند به عنوان یک الگوریتم جایگزین، جهت برنامه ریزی ECU با تعداد بیشتری سنسور مورد استفاده قرار گیرد.

۵- نتیجه گیری

از زمانی که یک شبکه حسگر ایجاد و فعال می گردد، زیر ساخت شبکه اصلی می بایستی طوری ایجاد گردد که امکان شبکه بندی پروتکل های مشترک فراهم باشد. حسگرها ممکن است به خوشه ها گروه بندی شوند تا کفایت انرژی، جمع آوری اطلاعات و خلاصه کردن توپولوژی شبکه بهبود پیدا کند و امکان کار سلسله مراتبی و کنترل فراهم آید. علاوه بر این، تخمین مکان

۶- مراجع

حسگر در شبکه های حسگر ضرورت دارد. چالش اصلی در طراحی شبکه حسگر این است که زیر ساخت کل شبکه می بایستی در یک مکان و به روش غیر متمرکز انجام پذیرد. در این مقاله، ضمن ارائه یک الگوریتم جدید جهت دسته بندی و پردازش سیگنال های ارسالی از سنسورها، کاربرد آن در ECU خودرو مورد ارزیابی قرار گرفته است. به این ترتیب که از ECU خودروی پراید مدل صبا جهت استفاده الگوریتم و مقایسه نتایج به دست آمده در این حالت با وضعیت قبلی استفاده شده است. نتایج بدست آمده، سرعت پردازش بیشتری را با استفاده از الگوریتم ارائه شده نشان می دهد. لازم به ذکر است که این الگوریتم اولین بار برای ECU یک خودرو مورد استفاده قرار گرفته است.

1. C.Y.WEN, "Distributed Algorithms For Localization And Management in Wireless Ad-Hoc sensor networks", 2005
2. "EPCOS AG, NTC Thermostats", data book, 2002
3. Bauer, H. (ed.) "Automotive Handbook", 4th edn, Bosch, Stuttgart, 1996
4. K. Mohri, T. Uchiyama, L.V. Panina, "Sensors and Actuators" 1997
5. G. Lechner, H. Nauheimer, Fahrzeugantriebe, Springer, Berlin, 1994
6. Bosch, Kraftfahrtechnisches Taschenbuch, 24th edn., Vieweg, Wiesbaden 2002
7. Bosch, Gasoline-Engine Management, 1st edn., "SAE Society of Automotive Engineers and Robert Bosch GmbH", Stuttgart, 1999
8. N. Kato, H. Kurachi, Y. Hamada, SAE Technical Paper 980170
9. F. Herrmann, B. Jakoby, J. Rabe, S. Büttgenbach, in Sensors Update, Vol. 9, (Baltes, Hesse, Korvink, eds.), VCH, Weinheim 2001
10. B. Jakoby, M. Scherer, M. Buskies, H. Eisenschmid, in Proc. IEEE Sensors 2002, Orlando, FL, June, 2002

11. Sidhu, S. K. Packaging, “**Very High Pressure Transducers from Common Rail Diesel injection Systems**”, SAE Technical
12. L. Tomasi, G. Kroetz, E. Wieser, W. Suedkamp, P. Thiele, E. Obermerier, “**Advanced icrosystems for Automotive Applications Yearbook 2005**”, Springer, 2005
13. S. Basagni, “**Distributed Clustering For Ad Hoc Networks**,” in Proceedings of International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Networks pp. 310-315, June 2008.
14. M. Chatterjee, S. K. Das, and D. Turgut, “**WCA: A Weighted Clustering Algorithm For Mobile Ad hoc Networks**,” Journal of Cluster Computing, Special issue on Mobile Ad hoc Networking, No. 5, pp. 193-204, 2009.
15. B. Das and V. Bharghavan, “**Routing in Ad-Hoc Networks Using Minimum Connected Dominating Sets**,” in Proceedings of ICC, 2007.
16. A. K. Parekh, “**Selecting Routers in Ad-Hoc Wireless Networks**,” in Proceedings of ITS, 2004.
17. M.J. Handy, M. Haase, D. Timmermann, “**Low energy adaptive clustering hierarchy with deterministic cluster-head selection**,” 4th International Workshop on Mobile and Wireless Communications Network, pp. 9-11, Sept. 2006
18. C.F. Chiasserini, I. Chlamtac, P. Monti and A. Nucci, “**Energy Efficient design of Wireless Ad Hoc Networks**,” in Proceedings of European Wireless, February 2005.



ارائه روشی بهینه، مبتنی بر کاربرد جهت حرکت سینک در شبکه‌های سلسله مراتبی حسگر بی سیم

محمدحسین یغمائی مقدم^۱، فرزاد تشریان^{۲*}، سهراب عفتی^۳

^۱دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه کامپیوتر، مشهد، ایران

^۲دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه کامپیوتر، مشهد، ایران

چکیده:

استفاده از سینک متحرک یکی از مهمترین تکنیک‌ها در جهت مصرف بهینه انرژی و به دنبال آن افزایش عمر شبکه‌های حسگر بی سیم می باشد. کارهای زیادی در خصوص قرارگیری سینک متحرک در شبکه و همچنین تعیین مسیری برای حرکت آن ارائه شده است. از آنجایی که ساختارهای سلسله مراتبی نیز به عنوان یکی از پرکاربردترین توپولوژی‌های شبکه‌های حسگر بی سیم محسوب می‌گردد، ما در این مقاله حرکت سینک را در شبکه‌های سلسله مراتبی دو سطحی مورد بررسی قرار داده‌ایم. روش پیشنهادی که مبتنی بر مدل برنامه نویسی ریاضی MILP (Mixed Integer Linear Programming) می‌باشد، انعطاف پذیری مؤثری در خصوص نوع کاربرد شبکه حسگر دارد؛ به طوری که با توجه به نوع کاربرد شبکه و به تبع آن سطح بحرانی بودن زمان گزارش داده های شبکه (tar) مسیری بهینه برای حرکت سینک در شبکه تعیین می‌کند و در زمان تعیین شده (tar) داده‌های هر خوشه با مصرف بهینه انرژی توسط سینک جمع آوری می‌شوند. روش ارائه شده برای تعیین مسیر حرکت سینک، تعدادی نقطه بهینه را در شبکه مشخص می‌کند و برای هر نقطه، زمان توقف و سرخوشه‌های ارسال کننده را نیز تعیین می‌کند. در قسمت شبیه سازی، ابتدا به تحلیل کامل روش ارائه شده پرداخته‌ایم، سپس روش ارائه شده را با روش‌های دیگر کنترل حرکت سینک متحرک و همچنین روش حرکت سینک در مسیرهای مقید مقایسه نموده‌ایم. نتایج شبیه سازی نشان داده‌اند که ایده سینک متحرک در شبکه‌های سلسله مراتبی دو سطحی مبتنی بر روش ارائه شده، می‌تواند عمر شبکه حسگر را نسبت به مسیرهای مبتنی بر قید بین دو تا چهار برابر و نسبت به روش سینک ثابت بین هشت تا ده برابر افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی:

شبکه‌های حسگر بی سیم، حرکت سینک مبتنی بر کاربرد، شبکه‌های سلسله مراتبی، مدل MILP

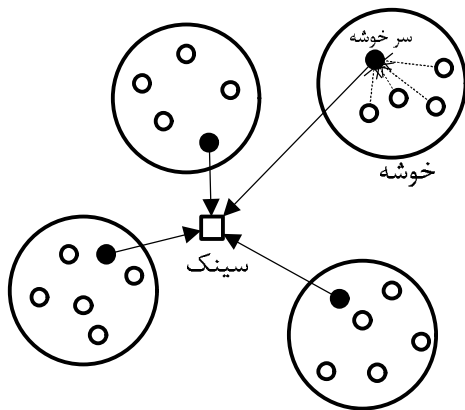
*عده دار مکاتبات

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده مهندسی، گروه کامپیوتر، مشهد، ایران

پست الکترونیکی: tasharian@yahoo.com

می‌تواند توسط ربات متحرک یا وسیله نقلیه حرکت کند و از انرژی نامحدودی برخوردار باشد. نقاط حرکت سینک می‌تواند به صورت تصادفی و یا توسط یک الگوریتم هوشمند تعیین شود. انتخاب نقاط بهینه برای توقف سینک بسیار مهم بوده و به بالا بردن کارایی شبکه کمک فراوانی می‌کند.

ما در این مقاله حرکت سینک را در شبکه‌های سلسله مراتبی دو سطحی مورد بررسی قرار خواهیم داد. شبکه‌های سلسله مراتبی دو سطحی، متشکل از خوشه‌هایی در سطح اول و سرخوشه‌هایی در سطح دوم می‌باشند؛ به طوری که داده‌های خوشه‌ها پس از جمع‌آوری توسط سرخوشه آن خوشه، به صورت تک گامی برای سینک ارسال می‌گردد. [۱۰، ۱۱] (شکل ۱) را مشاهده نمایید).



شکل (۱): ساختار شبکه سلسله مراتبی دو سطحی

گره‌های سرخوشه به دلیل جمع‌آوری داده‌های خوشه، پردازش و ارسال به سینک، بیشترین مصرف انرژی را نسبت به اعضاء خوشه خود دارند. تکنیک‌های بسیاری برای

در سالهای اخیر، پیشرفت تکنولوژی مخابرات و صنعت قطعات الکتریکی و الکترونیکی خرد، منجر به ساخت میکروحسگرهایی کوچک و نسبتاً ارزان شده که از طریق یک شبکه بی‌سیم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند [۲۱]. این شبکه‌ها که شبکه‌های حسگر بی‌سیم خوانده می‌شوند، به ابزار مناسبی برای استخراج داده از محیط اطراف و نظارت بر رویدادهای محیطی تبدیل شده‌اند. در تمام این کاربردها، میکروحسگرها در محل مورد نظر توزیع شده و بدون مراقبت رها می‌شوند تا به طور مرتب پارامترهای محیطی نظیر دما، فشار، رطوبت و فعالیت‌های شیمیایی را گزارش دهند. سپس اطلاعات به دست آمده را به صورت گام به گام و یا تک گامی به گره جمع‌کننده اطلاعات یا همان سینک ارسال نمایند. اما از آنجایی که این گره حسگرها از یک منبع محدود و حیاتی انرژی برخوردارند، نحوه جمع‌آوری داده‌ها، پردازش و ارسال آنها بسیار مهم است. در سالهای اخیر تکنیک‌های بسیاری برای افزایش طول عمر این شبکه‌ها ارائه شده است [۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹].

یکی از مهمترین این تکنیک‌ها، استفاده از سینک متحرک در شبکه می‌باشد. حرکت سینک در داخل شبکه به علت کاهش فاصله حسگرها از سینک، باعث صرفه‌جویی زیادی در مصرف انرژی می‌گردد. صرفه‌جویی در مصرف انرژی باعث افزایش عمر حسگرها و در نتیجه، افزایش عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌شود. سینک

کاهش مصرف انرژی سرخوشه‌ها ارائه شده که در تمامی آنها سینک به صورت ثابت فرض شده است [۱۲،۱۳،۱۴]، اما می‌توان سینک را در شبکه به گونه‌ای تغییر مکان داد که با مصرف انرژی کمتری توسط سرخوشه‌ها، داده‌های شبکه حسگر، جمع‌آوری شوند.

ایده اصلی این مقاله، ارائه روشی مبتنی بر مدل ریاضی MILP می‌باشد؛ به گونه‌ای که مسیر حرکت سینک را در شبکه به طور کامل مشخص کند. این مسیر از یک سری نقاط توقف تشکیل شده است. که در هر نقطه، سینک برای مدتی مشخص توقف کرده و داده‌های برخی یا همه سرخوشه‌ها را جمع‌آوری می‌کند. از امتیازات اصلی روش ارائه شده، این است که در کنار مشخص شدن مسیر حرکت سینک، زمان توقف در هر نقطه نیز مشخص خواهد شد. همچنین روش ارائه شده انعطاف‌پذیری مؤثری با نوع کاربرد شبکه حسگر دارد؛ به طوریکه مسیر پیشنهادی حرکت سینک در کاربردهای بلادرنگ، متفاوت از کاربردهای غیر بلادرنگ می‌باشد.

در ادامه بخش دوم به بررسی کارهای مرتبط در زمینه سینک متحرک در شبکه‌های سلسله مراتبی خواهیم پرداخت. در بخش سوم روش پیشنهادی را مطرح خواهیم نمود و در بخش چهارم نیز شبیه‌سازی و ارزیابی روش ارائه شده مطرح می‌گردد و در پایان به نتیجه‌گیری و پیشنهادات کارهای آینده خواهیم پرداخت.

۲- کارهای مرتبط

الگوریتم‌هایی که در خصوص حرکت سینک در شبکه ارائه شده‌اند را می‌توان از نقطه نظر

طرحریزی حرکت سینک به چهار دسته اصلی [۲۳]، متمرکز [۱۵،۱۶،۱۷،۱۸]، مبتنی بر همکاری شبکه [۱۹،۲۰]، مبتنی بر تصادف [۲۱] و مبتنی بر پوشش منطقه‌ای [۲۲] تقسیم نمود.

در روش‌های متمرکز، یک نهاد مرکزی اطلاعات مربوط به مکان حسگرها را نگهداری کرده و بر این اساس مسیر حرکت سینک را برنامه‌ریزی و انتخاب می‌کند. در بیشتر این روش‌ها سینک به عنوان تصمیم‌گیرنده عمل می‌کند. در روش مبتنی بر همکاری شبکه، حسگرها با همکاری یکدیگر و به صورت پویا مسیر حرکت سینک را بر اساس توپولوژی فیزیکی شبکه انتخاب می‌کنند؛ همچنین گره‌ها با شیوه‌ای کاملاً توزیع شده، سینک متحرک را در طول مسیری که از قبل محاسبه شده، هدایت می‌کنند. تطبیق مسیر در این روش می‌تواند نسبت به روش متمرکز بسیار راحت‌تر انجام شود. علاوه بر این، سیستم‌های راهنمای شبکه می‌توانند بدون نیاز به سرویس‌های محلیابی طراحی شوند. در روش‌های مبتنی بر تصادف، مسیریابی سینک از تعدادی مرحله تصادفی تشکیل شده است و در هر مرحله، سینک جهتی را به صورت تصادفی انتخاب کرده و به آن سمت حرکت، و داده‌های آنها را جمع‌آوری می‌کند. این روش‌ها در کاربردهای بلادرنگ کارایی چندانی ندارند. در روش مبتنی بر پوشش منطقه‌ای، ابعاد محیطی که حسگرها در آن قرار دارند، داده شده است و سینک مسیری را برای

- 1- Network guided
- 2- Network guided
- 3- Area scanning

پیمایش این محدوده محاسبه می‌کند. مسیریابی در این روش بستگی به ابعاد این محیط و محدوده ارتباطات دارد.

Luo و همکارانش در [۱۵] روشی متمرکز را برای حرکت سینک در شبکه ارائه دادند. آنها نشان دادند که سینک متحرک می‌تواند ترافیک بین گره‌های حسگر را متعادل نمایند و در نتیجه عمر شبکه حسگر را افزایش دهد. برای این کار در مدلی که برای شبکه ارائه داده بودند، ماکزیمم بار ترافیکی بین گره‌ها را مینیمم نمودند. مشکلی که در الگوریتم ارائه شده توسط Luo و همکارانش وجود داشت، استفاده از کوتاهترین مسیر برای جمع‌آوری داده بود که این برای تمامی ساختارهای شبکه، راه حل صحیحی نمی‌باشد. همچنین این روش فقط خاص شبکه‌های تخت^۱ طراحی شده است.

TTDD [۲۲] که روشی مبتنی بر پویا منطقه‌ای است، ابتدا در اطراف گره منبع (گره‌ای که یک رویداد را کشف کرده است) یک شبکه گزید ایجاد می‌کند و از گره‌های موجود در نقاط تقاطع شبکه گزید به عنوان هشدار دهنده‌های داده در شبکه استفاده می‌نماید. سپس سینک متحرک با حرکت در بین این نقاط به جستجوی داده می‌پردازد. مشکلی که در این الگوریتم وجود دارد، افزایش داده‌های کنترلی برای ایجاد شبکه گزید در اطراف گره منبع می‌باشد، خصوصاً در زمانی که نرخ گره‌های منبع در شبکه بالا رود.

در [۲۱] روشی تصادفی برای حرکت سینک ارائه شده است که در آن، حرکت سینک به صورت تصادفی انجام می‌شود. هنگامی که شبکه ایجاد می‌شود، سینک در هر بازه زمانی، نقاطی را به عنوان نقاط دسترسی^۲ انتخاب کرده و این نقاط را طی یک همه پختی در شعاعی خاص اعلام می‌کند؛ سپس در هر نقطه دسترسی شروع به جمع‌آوری داده‌ها می‌کند. مشکل این روش انتخاب تصادفی نقاط جمع‌آوری داده می‌باشد.

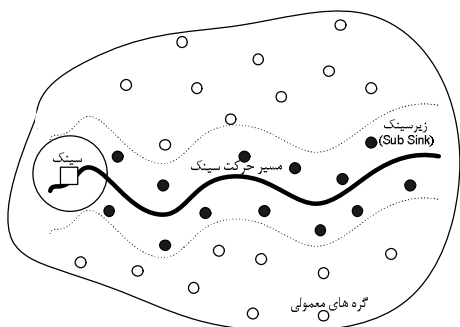
در [۲۰] نیز روش کارایی برای افزایش طول عمر شبکه حسگر بی‌سیم با استفاده از حرکت سینک ارائه شده است. در این روش که مبتنی بر ساختارهای سلسله مراتبی دو سطحی و همکاری شبکه‌ای می‌باشد، هر یک از گره‌های سرخوشه با توجه به تعداد رفت و آمدهای پیش رو و همچنین با توجه به انرژی باقی‌مانده خودشان، شعاع بهینه‌ای را برای ارسال داده‌های خوشه خود اعلام می‌کنند، سپس سینک متحرک در مکان اشتراکی که بین تمام گره‌های سرخوشه به وجود خواهد آمد، توقف کرده و شروع به جمع‌آوری داده می‌کند.

در [۲۸] روشی برای توقف سینک در شبکه‌های سلسله مراتبی ارائه شده است که در آن سینک در مرکز دایره محاط کننده سرخوشه‌ها قرار می‌گیرد. این دایره، کوچکترین دایره‌ای است که می‌تواند سرخوشه‌ها را در برگیرد. سپس سرخوشه‌ها داده خود را به صورت تگ گامی به سینک ارسال خواهند کرد. در ادامه مقاله [۲۸]،

2- Access point

1- flat

“زیر سینک”ها در کل زمان عمر شبکه است که این خود نرخ کاهش انرژی را در آنها نسبت به سایر گره‌های دیگر بالا می‌برد. این روش را در قسمت شبیه‌سازی به طور کامل مورد ارزیابی قرار خواهیم داد.



شکل (۲): مسیر دائم حرکت سینک در شبکه

۳- الگوریتم پیشنهادی

قبل از ارائه روش پیشنهادی در این بخش، مدل انرژی و فرضیات مسئله را به ترتیب در بخش‌های ۱-۳ و ۲-۳ بیان خواهیم کرد. سپس در قسمت ۳-۳ مدل ریاضی روش ارائه شده را با بررسی کامل قیدها و محدودیتهای آن بحث کرده، عملکرد آن را با توجه به زمان‌های متفاوت در بخش ۴-۳ بررسی خواهیم کرد.

۱-۳- مدل انرژی

فرض کنید گره i داده‌هایی را با سرعت f_{ij} بیت بر ثانیه (bps) برای گره j ارسال نماید. مدل مصرف انرژی گره i را می‌توان به صورت ذیل تعریف کرد [۲۴، ۲۵]:

$$\begin{aligned} E_{ij}^t &= c_{ij} \cdot f_{ij} \\ c_{ij} &= \theta_1 + \theta_2 d_{ij}^{\beta} \end{aligned} \quad (1)$$

و مقادیری ثابت برای انرژی مصرفی جهت راه‌اندازی مدار فرستنده و تقویت‌کننده توان

موقعیت سینک در حالتی که سرخوشه‌ها از لحاظ نسبت سطح انرژی به نرخ انتقال با یکدیگر متفاوت باشند، مطابق با یک ساختار و الگوریتم چند لایه‌ای تعیین می‌گردد.

حرکت سینک در شبکه گاهی به صورت کنترل شده و در برخی مواقع به صورت مقید و ثابت می‌باشد [۲۹].

در [۲۹] الگوریتمی جهت جمع‌آوری بهینه داده ارائه شده است که در آن، سینک به طور دائم از یک مسیر ثابت و مقید عبور می‌کند.

به هر بار رفت و آمد سینک، یک “راند” گفته می‌شود. گره‌های حسگری که در شعاع پوشش سینک متحرک قرار گرفته‌اند “زیر سینک” نامیده می‌شوند و به صورت تگ^۲ اطلاعات خود را به سینک متحرک ارسال می‌کنند شکل (۲) را مشاهده نمایید). از آنجایی که انرژی مصرفی وابسته به تعداد گام‌ها و طول مسیر ابتدا به انتها می‌باشد، هدف این مقاله کاهش تعداد مسیرهای کوتاه بین تمامی گره‌ها با گره‌های “زیر سینک” می‌باشد. این روش مبتنی بر همکاری شبکه‌ای است؛ به گونه‌ای که در ابتدای کار شبکه، کوتاهترین مسیرها از گره‌های حسگر به تمامی گره‌های “زیر سینک” ایجاد می‌شود؛ سپس سینک متحرک با دریافت اطلاعات مسیرها از “زیر سینک”ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهترین “زیر سینک” را با توجه به درصد آنها در شبکه تعیین می‌کند. مشکل اصلی این روش، ثابت بودن

1- Round
2- Sub Sink
3- Tag

می باشند، فاصله اقلیدسی بین دو گره حسگر i و j می باشد. β فاکتور اتلاف مسیر^۱ بوده و در محدوده قرار می گیرد؛ به این گونه که اگر فاصله فرستنده تا گیرنده d_{ij} () بیشتر از مقدار ثابت d_0 باشد از مدل چند مسیری^۲ و در غیر این صورت از مدل فضای آزاد^۳ استفاده می شود. همچنین انرژی مصرفی گره i ام جهت دریافت داده هایی با نرخ عبارتست از:

$$E_i^r = \rho \cdot \sum_{k \in N}^{i \neq k} f_{ki} \quad (2)$$

که در آن ضریبی ثابت و برابر با مقدار انرژی مصرفی برای راه اندازی مدار گیرنده می باشد.

۳-۲- فرضیات و طرح مسئله

شبکه ای شامل یک سینک متحرک با قابلیت حرکت آزادانه در شبکه و N گره حسگر $S_i, i=1 \dots N$ که هر کدام دارای انرژی اولیه e_0 می باشند، را در نظر بگیرد. موقعیت گره های حسگر در شبکه به صورت تصادفی تعیین می شود. همانند الگوریتم های سلسله مراتبی، چرخه فعالیت شبکه به چندین راند تقسیم می گردد که زمان مصرف شده در هر یک از راندها، T_{round} فرض شده است (شکل (۳) را مشاهده کنید).

دریک زمان T_{round} ، ابتدا گره های حسگر به خوشه هایی تقسیم می شوند (زمان ایجاد خوشه^۴ (t_{cf}) ، سپس هر یک از سرخوشه ها، داده های

اعضاء خوشه خود را در زمان t_{dc} جمع آوری می کنند، سپس سینک متحرک، به سمت یک یا چند نقطه توقف^۵، حرکت کرده و زمان مشخصی را در هر یک از ایستگاه ها سپری کرده و داده های هر خوشه را از سرخوشه آن دریافت می نماید (زمان گزارش داده^۶ (t_{dr})). (سینک با داشتن چندین ماژول فرستنده و گیرنده قادر می باشد، همانند روش ارائه شده در [۲۶] داده های چندین سرخوشه را به صورت همزمان جمع آوری نماید). زمان t_{dr} متناسب با نوع کاربرد شبکه حسگر بی سیم تعیین می گردد و در کل راندها یکسان می باشد؛ زیرا طراحی شبکه بر اساس کاربردی خاص صورت گرفته است و در طول مدت عمر شبکه ثابت خواهد ماند. با توجه به فرضیات بالا، زمان T_{round} را می توان به صورت ذیل بیان نمود.

$$T_{round} = t_{cf} + t_{dc} + t_{dr} \quad (3)$$

5- Data Collection time

۶- نقطه توقف، مکانی جغرافیایی از شبکه می باشد که سینک در آن مکان قرار می گیرد و داده ها یک، چند و یا همه سرخوشه ها را دریافت می کند.

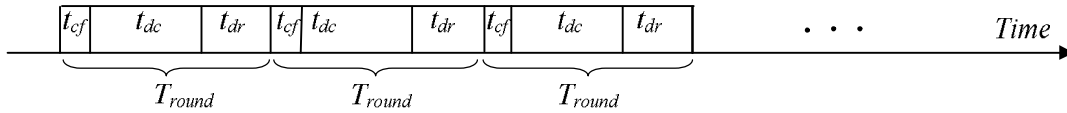
7- Data Reporting time

1- path loss

2- Multi path

3- Free space

4- Cluster Formation time

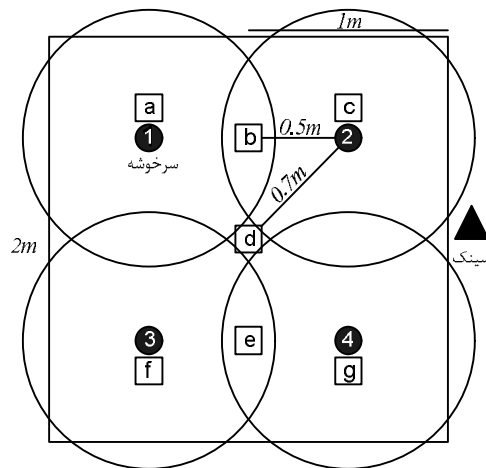


شکل (۳): زمان یک راند (T_{round}) و اجزاء آن

از میان زمان‌های t_{dc} ، t_{dr} و t_{cf} تنها زمان t_{dr} وابسته به نوع کاربرد شبکه حسگر می‌باشد و دو زمان دیگر وابسته به تعداد گره‌های حسگر در شبکه می‌باشند. در کاربردهای بلادرنگ، زمان t_{dr} باید کمترین مقدار خود را داشته باشد؛ به عبارت دیگر سرخوشه‌ها می‌بایست در کمترین زمان ممکن t_{dr} داده‌های جمع‌آوری شده از گره‌های خوشه خود را برای سینک در شبکه به صورت تک گامی ارسال نمایند؛ اما در کاربردهای غیر بلادرنگ، هر یک از سرخوشه‌ها می‌توانند تا زمان رسیدن سینک در مجاورتشان، داده‌های اعضاء خوشه خود را در بافر نگهداری کنند و پس از قرارگیری سینک در محلی مناسب، کل داده‌های بافرشده خود را برای آن ارسال نمایند.

در مثال شکل (۴)، تأثیر حرکت سینک متحرک را در شبکه‌های سلسله مراتبی در سه سناریوی متفاوت بررسی خواهیم کرد. در یک شبکه مربع شکل به ضلع ۲ متر، چهار خوشه قرار گرفته‌اند و نقاط توقف a, b, c, d, e, f و g نیز مشخص شده‌اند. با فرض اینکه هر کدام از سرخوشه‌ها در زمان t_{dc} ۵۰۰ بیت داده برای ارسال به سینک از اعضاء خوشه خود جمع‌آوری کرده باشند و با فرض اینکه انرژی ارسال هر بیت داده معادل مجذور طول مسیر مصرف شود، در سناریوی اول،

سینک با توجه به سخت افزار ارتباطی کافی و نرخ سرویس بالا، در موقعیت d قرار گرفته و داده‌های هر چهار سرخوشه را در مدت زمان ۱۰ ثانیه دریافت می‌کند (سرعت ارسال سرخوشه‌ها ۵۰ بیت بر ثانیه فرض شده است) و در این موقعیت کل انرژی مصرفی سرخوشه‌ها برابر با ۹۸۰ واحد ($4 \times 0.7^2 \times 0.5 \times 100 \text{ bit}$) می‌باشد. در سناریوی دوم اگر سینک ابتدا در موقعیت b به مدت ۱۰ ثانیه قرار گرفته باشد و داده‌های سرخوشه‌های a و 2 را دریافت نماید، سپس به موقعیت e تغییر مکان دهد و داده‌های بافر شده سرخوشه‌های 3 و 4 را در مدت ۱۰ ثانیه دریافت نماید، سینک توانسته است کل داده‌های سرخوشه‌ها را در مدت زمان ۲۰ ثانیه و با صرف انرژی کل برابر با ۵۰۰ واحد ($4 \times 0.5^2 \times 0.5 \times 100 \text{ bit}$) جمع‌آوری کند؛ اما در سناریوی سوم، سینک داده‌های هر سرخوشه را در نزدیکترین مکان به آنها (۰.۱ متر) جمع‌آوری خواهد کرد؛ به طوری که داده‌های سرخوشه ۱ را در موقعیت a و به ترتیب داده‌های سرخوشه‌های $2, 3$ و 4 را در موقعیت‌های c, f و g دریافت خواهد کرد. در این سناریو سینک در مدت زمان ۴۰ ثانیه توانسته است کل داده‌های سرخوشه‌ها را با مجموع انرژی مصرفی ۲۰ واحد ($4 \times 0.1^2 \times 0.5 \times 100 \text{ bit}$) جمع‌آوری نماید.



شکل (۴): تاثیر حرکت سینک در شبکه های سلسله مراتبی

هر یک از سرخوشه‌ها به هریک از نقاط توقف می‌باشد.

۳-۳- مدل ریاضی روش ارائه شده

در این قسمت ما مدلی ریاضی برای حل مسئله ارائه نموده‌ایم که مبتنی بر مدل ریاضی MILP می‌باشد. در ابتدای هر راند، تمامی حسگرها بر اساس یک روش خوشه‌بندی در مدت زمان t_{ef} به C خوشه تقسیم می‌شوند.^۱ به تعداد C خوشه ایجاد شده، C سرخوشه وجود دارد.

مجموعه تمامی سرخوشه‌ها را با CH نمایش می‌دهیم $(length(CH)=C)$

سرخوشه‌ها داده‌های اعضای خوشه خود را در زمان t_{dc} جمع‌آوری می‌کنند. سینک متحرک برای جمع‌آوری داده‌های هر یک از خوشه‌ها، مسیری را در شبکه برمی‌گزیند. این مسیر از نقاط توقف

در مجموع، سینک برای جمع‌آوری داده در کمترین زمان باعث بیشترین مصرف انرژی در سرخوشه‌ها و برای جمع‌آوری داده‌ها در بیشترین زمان، باعث کمترین مصرف انرژی در سرخوشه‌ها خواهد شد.

در کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم بسیار مطلوب است که زمان گزارش داده‌ها به کاربر و یا به عبارت دیگر، زمان جمع‌آوری داده‌ها توسط سینک، همان ابتدای شروع به کار شبکه مشخص شود، لذا زمان t_{dr} با توجه به نوع کاربرد در همان ابتدا مشخص خواهد شد. آنچه مهم است، جمع‌آوری داده‌های سرخوشه‌ها در مدت زمان t_{dr} مشخص شده و با صرف کمترین مصرف انرژی در آنهاست.

ما در این مقاله الگوریتمی مبتنی بر مدل برنامه‌نویسی ریاضی MILP ارائه نموده‌ایم که هدف آن افزایش طول عمر شبکه حسگر و تعیین مسیر حرکت سینک، تعیین زمان توقف در هر یک از نقاط توقف و مشخص کردن شعاع ارسال داده

۱- روش پیشنهادی مستقل از نوع الگوریتم‌های خوشه بندی عمل خواهد کرد، به عبارت دیگر، روش ارائه شده قادر خواهد بود بر روی نتایج خوشه بندی هر نوع الگوریتم خوشه بندی اجرا شود. ما در اینجا از پروتکل LEACH [۱] که یکی از مهمترین پروتکل‌های خوشه‌بندی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم است، استفاده کرده‌ایم.

که D فاصله اقلیدسی نقطه از سرخوشه بوده و تعداد کل سرخوشه‌های به دست آمده از عملیات خوشه‌بندی می‌باشد (درصد بهینه تعداد سرخوشه‌ها می‌باشد که در الگوریتم خوشه‌بندی مشخص می‌شود). در شکل (۵) سه سرخوشه و به همراه، و مشخص شده است. سینک متحرک فقط نقاط، و را برای تعیین مسیر حرکت خود بررسی خواهد کرد.

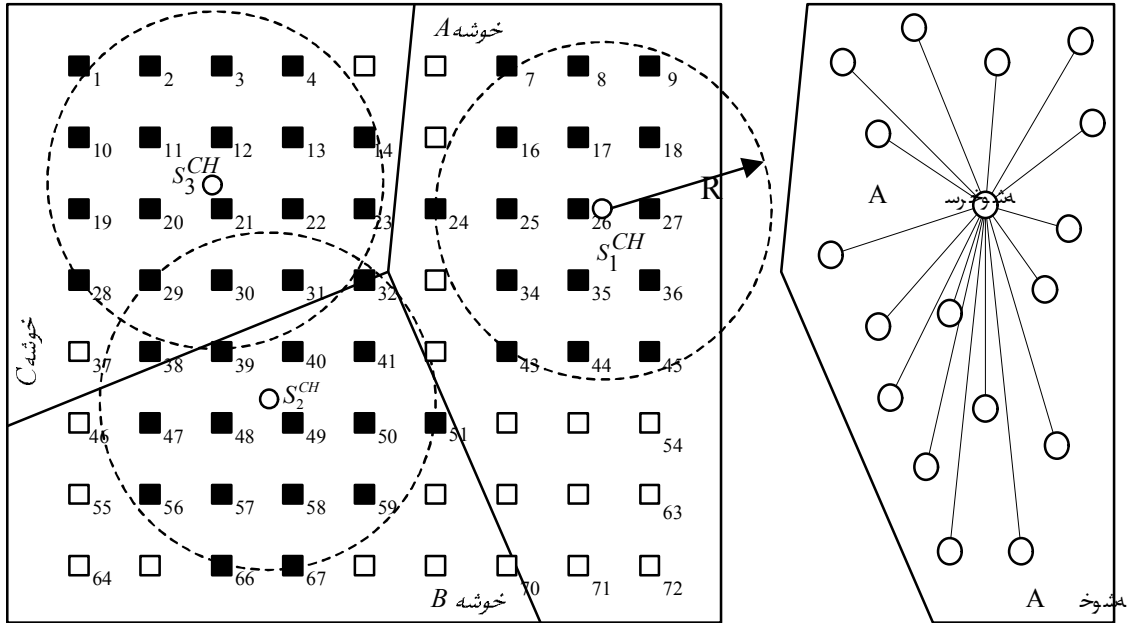
متفاوتی تشکیل شده است. در الگوریتم پیشنهادی همانند [۲۴،۲۵] از مدت زمان حرکت سینک بین نقاط توقف می‌توان صرف‌نظر کرد. در کاربردهای غیر بلادرنگ، زمان t_{dr} امکان جمع‌آوری داده‌های هر خوشه را به صورت مجزا برای سینک متحرک به وجود می‌آورد؛ اما در کاربردهای بلادرنگ در کوتاه‌ترین زمان ممکن باید داده‌های تمامی خوشه‌ها جمع‌آوری شوند و این کار با قرارگیری سینک متحرک در یک یا چند محل بهینه و دریافت همزمان از تمامی سرخوشه‌ها امکان پذیر می‌باشد.

مدل ریاضی بیان شده در این قسمت قادر خواهد بود نقاط توقف سینک متحرک را با توجه به زمان t_{dr} دلخواه که متناسب با نوع کاربرد شبکه می‌باشد، به گونه‌ای مشخص کند که در زمان تعیین شده t_{dr} با بهینه‌ترین مصرف انرژی، داده‌های سرخوشه‌ها جمع‌آوری گردند و در نهایت، عمر شبکه حسگر افزایش پیدا کند.

در سطح یک شبکه حسگر به مساحت A ، تعداد K نقطه توقف را به صورت گرید در نظر خواهیم گرفت و مجموعه نقاط داخل شعاع کاوش (R) سرخوشه‌ها را به صورت ذیل تعریف می‌کنیم:

$$H = \{P_j | D(S_i^{CH}, P_j) < R; i=1 \dots y, N_j=1 \dots K\} \quad (1)$$

۱- شعاع کاوش سرخوشه‌ها (R) ، دایره‌ای به مساحت $R^2\pi$ به مرکزیت هر سرخوشه تعیین می‌کنیم که سینک باید مجموعه‌ای از نقاط توقف موجود در آن ناحیه را جهت توقف خود به صورت بهینه‌ای انتخاب کند.



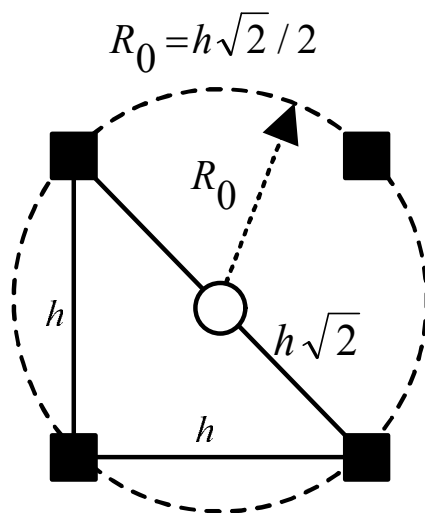
$$V_1^{CH} = \{7, 8, 9, 16, 17, 18, 24, \dots, 27, 34, 35, 36, 43, 44, 45\} \quad V_2^{CH} = \{29, \dots, 32, 38, \dots, 41, 47, \dots, 51, 56, \dots, 59, 66, 67\}$$

$$V_3^{CH} = \{1, \dots, 4, 10, \dots, 14, 19, \dots, 23, 28, \dots, 31, 39\}$$

شکل (۵): نمایش نقاط توقف در شعاع پویش R هر یک از سرخوشه ها (V_i^{CH})

مسئله بهینه سازی طول عمر شبکه حسگر و تعیین مسیر حرکت سینک متحرک را می توان به صورت ذیل بیان نمود.

بافرض h به عنوان کمترین فاصله بین دو نقطه توقف، کمترین اندازه شعاع کاوش (R_0) را باید برابر با قرار داد تا مجموعه تهی نگردد. شکل (۶) را مشاهده نمایید.



شکل (۶): کمترین شعاع کاوش (R_0)

(۵)

$$d_s t_{dc} q_i E - \sum_{j=1}^k t_j f_j v_j^i = 0 \forall i \in CH \quad (1.5)$$

$$b_j a_{\min} t_j \leq b_j a_{\max} j = 1:k \quad (2.5)$$

$$\sum_{j=1}^k t_j c_{ij} f_j v_j^i = E_{CH(i)}^t \forall i \in CH \quad (3.5)$$

$$\sum_{j=1}^k t_j \leq t_{dr} \quad (4.5)$$

varibales:

$$t_j \geq 0 j = 1:K$$

$$b_j \in \{0,1\} j = 1:K$$

در سطح شبکه به آن ارسال شود که در آن q_i تعداد اعضاء خوشه i ام، نرخ دریافت اطلاعات از محیط توسط اعضاء خوشه، ضریب ذوب داده^۱ و سرعت انتقال داده برحسب بیت بر ثانیه در سرخوشه i ام می باشد. همچنین t_i مدت زمان توقف سینک در نقطه توقف j ام می باشد. نیز به صورت ذیل تعریف می گردد:

$$v_j^i = \begin{cases} 1 & \text{if } P_j \in V_i^{CH} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (6)$$

اگر نقطه توقف j ام متعلق به نقاط تحت پوشش سرخوشه i ام V_i^{CH} باشند، مقدار برابر با یک است؛ در غیر این صورت مقدار آن برابر با صفر می باشد. در قید شماره (۲.۵)، متغیر باینری b_j توقف و یا عدم توقف سینک را در نقطه P_j مشخص می کند. در صورت توقف، مقداری تصادفی برای t_j در بازه $\min \alpha$ و $\max \alpha$ انتخاب

در فرمول بهینه سازی بالا، هدف ما مینیمم کردن ماکزیمم مصرف انرژی ارسال داده های سرخوشه ها ($E_{CH(i)}^t$) به سینک متحرک می باشد. دلیل در نظر گرفتن انرژی سرخوشه ها به عنوان هدف، بالابودن مصرف انرژی آنها در شبکه می باشد؛ زیرا سرخوشه ها باید کل داده های به دست آمده از خوشه خود را پس از بافر کردن برای سینک ارسال کنند. در نتیجه انرژی مصرفی آنها در مقایسه با سایر گره ها بسیار بالا می باشد [۱۲،۱۳].

حال با کاهش بیشترین مصرف انرژی سرخوشه ها به متعادل کردن انرژی مصرفی در سطح شبکه کمک خواهد شد و این عمل طول عمر شبکه حسگر را افزایش خواهد داد. قید شماره (۱.۵)، تضمین می کند که کل داده های موجود در بافر هر سرخوشه، در پایان زمان حرکت سینک

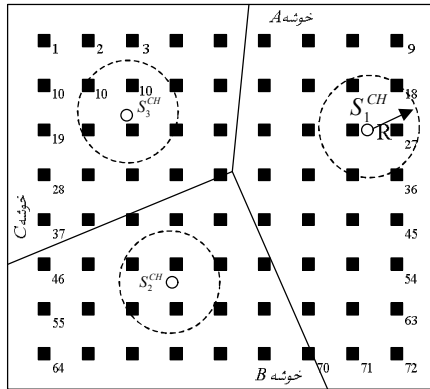
می‌گردد و در این نقطه قسمتی و یا تمامی داده‌های سرخوشه‌هایی که این نقطه را پوشش می‌دهند، توسط سینک جمع‌آوری می‌گردد $\min \alpha$ و $\max \alpha$ مقادیری ثابت می‌باشند.

در قید (۳.۵) انرژی مصرفی سرخوشه نام جهت ارسال داده‌های اعضای خوشه خود به سینک متحرک در مدت زمان t_j با سرعت f_i بیت بر ثانیه مشخص می‌شود. نیز انرژی لازم برای ارسال ۱ بیت از سرخوشه نام به سینک در موقعیت نام می‌باشد.

قید (۴.۵) تضمین خواهد کرد که کل زمان حرکت سینک در بین سرخوشه‌ها از مدت زمان t_{dr} کوچکتر و یا مساوی باشد؛ زیرا داده‌های به دست آمده پس از این زمان مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و همان‌طور که در قسمت قبل اشاره شد، این زمان با توجه به نوع کاربرد شبکه حسگر بی‌سیم مشخص خواهد شد.

واضح است شعاع کاوش سرخوشه‌ها (R) عامل مهمی در انتخاب محل‌های توقف سینک می‌باشد. برای مثال در شکل (۷) اگر هر سرخوشه دارای ۵۰۰۰ بیت داده باشد و سرعت ارسال داده به سینک در همه آنها برابر با $f=1000$ bps باشد، با در نظر گرفتن زمان گزارش داده‌ها t_{dr} برابر با ۱۱ ثانیه، تابع MILP مقدار صفر را به عنوان خروجی برمی‌گرداند؛ زیرا با توجه به شعاع کاوش R و هر یک از مجموعه‌های، سینک باید داده‌های سرخوشه‌ها را به صورت خصوصی جمع‌آوری کند و هیچ نقطه توقف مشترکی وجود ندارد که سینک بتواند

داده‌های چند سرخوشه را در آن نقطه به صورت مشترک و همزمان دریافت نماید^۱. (زیرا اشتراک $[V_i^{CH}, i=1,2,3]$ برابر با تهی می‌باشد).



شکل (۷): تهی بودن اشتراک مجموعه‌های

$$V_i^{CH}, i = 1, 2, 3$$

در این صورت برای به دست آوردن جوابی منطقی باید شعاع کاوش R را افزایش داد، مجدداً برای تمامی سرخوشه‌ها محاسبه کرد، تابع بهینه‌سازی MILP بالا را مجدداً فراخوانی نمود و این عمل را تا به دست آوردن جوابی مشخص و منطقی تکرار کرد (شعاع R را تا به دست آوردن جوابی بهینه و منطقی افزایش داد) پس از آنکه MILP به جواب بهینه‌ای دست یافت، هر یک از سرخوشه‌ها شعاع ارسال خود را (r_i) به صورت (۷) تنظیم خواهد نمود.

$$r_i = D(S_i^{CH}, \hat{P}_j) \quad (۷)$$

۱- همان‌طور که قبلاً اشاره شد، سینک با داشتن چندین مازول فرستنده/گیرنده و نرخ سرویس بالا قادر می‌باشد همانند روش ارائه شده در [۲۶] داده‌های چندین سرخوشه را به صورت همزمان جمع‌آوری کند.

۲- مقدار شعاع کاوش در مرحله ام، افزایش، برابر است با

خوشه‌ها در شبکه در نظر گرفت. این حد پایین را با نمایش خواهیم داد و به صورت (۸) محاسبه خواهد شد.

(۸)

$$T_{dr}^{min} = \max\{E\varphi_i\} \quad i = 1, \dots, \text{length}(CH)$$

$$\varphi_i = (t_{dc}d_s q_i) / f_i$$

همچنین می‌توان ماکزیم زمانی را برای سینک در نظر گرفت که بتواند در کنار هر سرخوشه قرار گیرد و داده‌های آنرا به صورت خصوصی دریافت کند.

$$T_{dr}^{max} = \sum_{i=1}^{\text{length}(CH)} E\varphi_i \quad (۹)$$

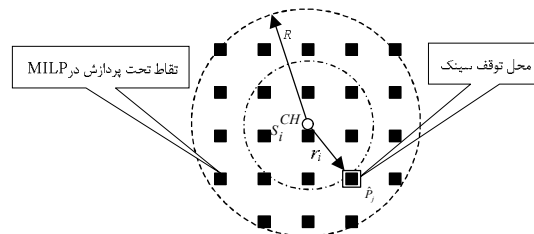
۳-۴- عملکرد الگوریتم پیشنهادی در زمان

های متفاوت t_{dr}

در شکل (۹) شبکه‌ای متشکل از ۶۰ گره حسگر که در شبکه‌ای با ابعاد 100×100 مترمربع پخش شده‌اند، مشاهده می‌شود. در این شبکه مطابق با پارامترهای قسمت شبیه‌سازی، $t_{dc}=80$ ثانیه، نرخ دریافت اطلاعات از محیط سینک $d_s=0.2\text{Kpbs}$ ، نرخ ارسال داده سرخوشه‌ها به سینک $dt=20\text{Kpbs}$ ، در صد مطلوب سرخوشه‌ها برابر با ۵٪ و نرخ ذوب داده برابر با یک در نظر گرفته شده است.

در شکل (۹) نمونه‌ای از خروجی روش ارائه شده برای زمانی که $t_{dr} = T_{dr}^{max} = 45.6$ باشد، مشاهده می‌گردد. همانطور که انتظار می‌رود،

که در آن نقطه توقف سینک در شعاع کاوش R از سرخوشه نام است. شکل (۸) را مشاهده نمایید.



شکل (۸): شعاع کاوش R و شعاع ارسال r_i

اگر اشتراک تمامی غیر تهی باشد و تابع بهینه سازی MILP بالا جوابی بهینه و منطقی نداشته باشد، بهاین مفهوم است که سینک قادر نخواهد بود داده‌های تمامی سرخوشه‌ها را به صورت همزمان در زمانی کمتر مساوی از t_{dr} جمع آوری نماید. سه راه حل برای رفع این مشکل وجود دارد:

۱- حجم داده‌های سرخوشه‌ها را کاهش دهیم.

(با افزایش نرخ و یا کاهش زمان t_{dc})

۲- سرعت ارسال داده در سرخوشه را افزایش دهیم.

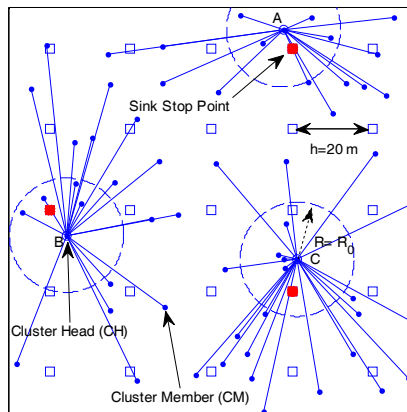
۳- حداقل زمانی برای t_{dr} با توجه الگوریتم خوشه‌بندی و اندازه خوشه‌ها مشخص کنیم.

در راه حل اول، افزایش نرخ ذوب داده باعث افزایش محاسبات سرخوشه‌ها و در نهایت افزایش زمان t_{dc} را به دنبال خواهد داشت. همچنین کاهش زمان t_{dc} بستگی به میزان دریافت داده در هر راند دارد که کاهش آن باعث کاهش میزان اطلاعات دریافتی می‌گردد. راه حل دوم نیز به شرایط سخت‌افزاری حسگرها دارد و در تمامی حالت‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد؛ اما می‌توان یک حد پایینی برای t_{dr} با توجه به الگوریتم خوشه‌بندی و اندازه

الگوریتم پیشنهادی در اولین مرحله با اختیار کردن کمترین مقدار:

مسیری بهینه برای جمع‌آوری داده‌های سرخوشه‌ها تولید خواهد نمود. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود. سینک فرصت کافی برای جمع‌آوری داده‌های هر سرخوشه به صورت خصوصی دارد؛ به عبارت دیگر سینک

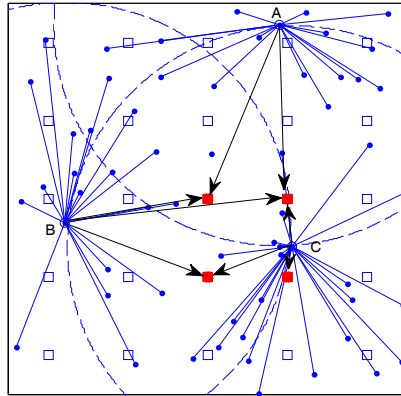
در مجاورت هر یک از سرخوشه‌ها قرار می‌گیرد و داده‌های آن سرخوشه را بدون دخالت سرخوشه‌های دیگر جمع‌آوری می‌کند. با در نظر گرفتن زمان $t_{dr} = T_{dr}^{max}$ بیشترین مصرف انرژی سرخوشه‌ها (خروجی تابع بهینه سازی در (۵) برابر با ۰/۰۱۵۱ ژول به دست آمده است.



شکل (۹): نقاط توقف سینک با فرض $t_{dr} = T_{dr}^{max}$

در ادامه، t_{dr} را برابر با کمترین مقدار ممکن قرار دادیم. در این حالت روش ارائه شده با سه مرحله افزایش شعاع کاوش R (نقاطی را مورد پردازش قرار خواهد داد که اولاً بتواند داده‌های تمامی سرخوشه‌ها را با توقف در آن نقاط جمع‌آوری نماید. همچنین در این جمع‌آوری، بالاترین انرژی مصرفی سرخوشه، کمینه گردد؛ لذا همان طور که

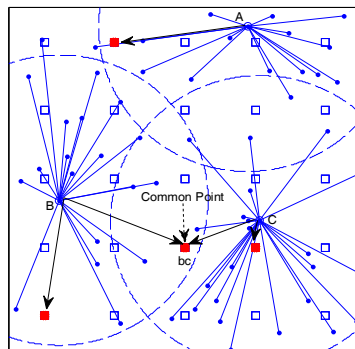
در شکل (۱۰) مشاهده می‌کنید، این نقاط بیشتر در سمت سرخوشه C قرار گرفته‌اند؛ چون بالاترین تعداد اعضا و به دنبال آن بالاترین مصرف انرژی را در زمان انتقال اطلاعات به سینک صرف خواهد نمود. در این حالت، بیشترین مصرف انرژی سرخوشه‌ها برابر ۰/۰۲۰۵ ژول به دست آمده است.



شکل (۱۰): نقاط توقف سینک با فرض $t_{dr} = T_{dr}^{max}$

توقف 'bc' به صورت همزمان به سینک تحویل می‌دهند و خوشه A به صورت مجزا تمامی داده‌های خود را به سینک در نقطه مشخص شده ارسال خواهد کرد. در این حالت بیشترین مصرف انرژی سرخوشه‌ها برابر ۰/۰۱۹ ژول به دست آمده است.

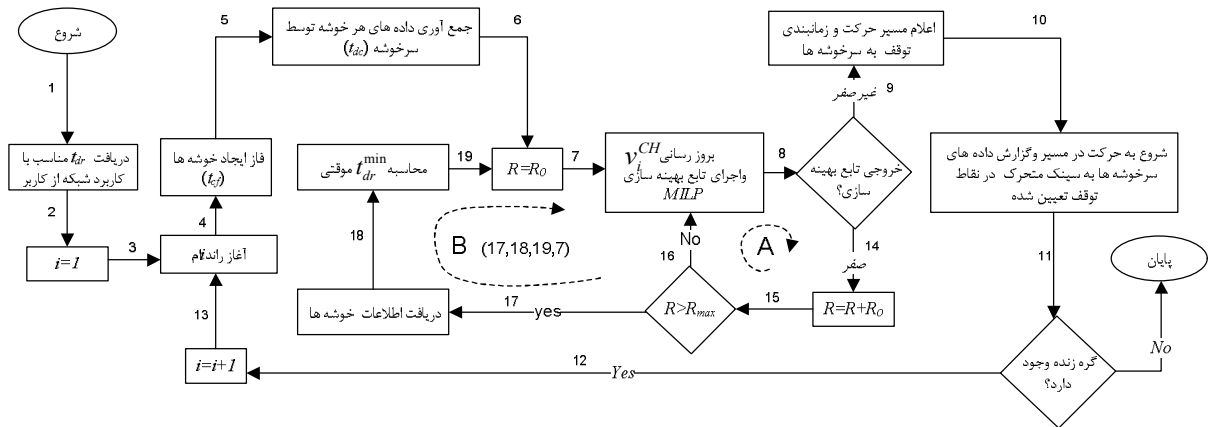
در ارزیابی دیگری، t_{dr} را برابر با ۳۵ ثانیه انتخاب نمودیم. در این حالت، الگوریتم پیشنهادی پس از دو مرحله افزایش شعاع کاوش R (به جواب بهینه دست یافت. همانطور که در شکل (۱۱) مشاهده می‌کنید، با افزایش شعاع R، خوشه B و C به صورت مشترک قسمتی از داده‌های خود را در نقطه



شکل (۱۱): نقاط توقف سینک با فرض

نظر گرفته می‌شود، زمان t_{dr} توسط کاربر سیستم متناسب با نوع کاربرد آن در همان ابتدای شروع به کار شبکه تعیین می‌گردد.

در پایان این قسمت، مراحل کار الگوریتم ارائه شده را در شکل (۱۲) نشان داده ایم. از آنجایی که کاربرد یک شبکه حسگر در طول عمر آن ثابت در



شکل (۱۲): فلوچارت الگوریتم ارائه شده

خواهد کرد و سپس مسئله بهینه‌سازی را مجدداً از $R=R_0$ اجرا خواهد نمود.

۴- شبیه سازی و ارزیابی

در این قسمت، ابتدا به ارزیابی و تحلیل الگوریتم پیشنهادی خواهیم پرداخت و در بخش دوم، الگوریتم پیشنهادی را با کارهای مرتبط مقایسه خواهیم نمود. در این شبیه‌سازی اندازه شبکه را 600×400 متر مربع و انرژی اولیه گره‌های حسگر را یک ژول در نظر گرفته‌ایم. دیگر پارامترهای شبیه‌سازی در جدول (۱) آورده شده است. همچنین برای اجرای تابع بهینه‌سازی MILP از تابع کتابخانه‌ای `lp_solve` [۳۰] استفاده نموده‌ایم.

در زمانی که $t_{dr} \geq T_{dr}^{max}$ انتخاب شده باشد، مسیر حرکت، مسیر نرمال الگوریتم ارائه شده می‌باشد که با انتخاب $R=R_0$ بهترین نقاط جهت توقف سینک به دست خواهد آمد؛ اما در صورتی که زمان t_{dr} در بازه انتخاب شده باشد، حلقه A در بلاک دیاگرام بالا، با افزایش شعاع کاوش R به روز رسانی باعث خواهد شد که نقاط بهینه توقف توسط تابع بهینه‌سازی انتخاب شوند. الگوریتم پیشنهادی مسیر B را در مواقعی که زمان جمع‌آوری داده‌های سرخوشه‌ها بیشتر از زمان t_{dr} انتخاب شده توسط کاربر باشد، طی خواهد نمود؛ به طوری که در این حالت مقدار R بیشتر از R_{max} خواهد شد و سینک با دریافت اطلاعات سرخوشه‌ها، مقدار موقتی^۲ را محاسبه

۱- طولانی‌ترین فاصله بین دو گره در شبکه؛ به عنوان مثال در شبکه‌ای مستطیل شکل به طول و عرض (x, y) آنگاه $R_{max} = \sqrt{x^2 + y^2}$
 ۲- زمان موقتی است، از آن جهت که در راند بعدی همچنان زمان t_{dr} وارد شده در مرحله ۱ بلاک دیاگرام مورد توجه قرار خواهد گرفت.

جدول (۱): پارامترهای شبیه سازی

Value	Parameters
100	N (Number of Sensors)
20Kbps	CH 's bit rate (f_i)
1J	Energy
1000 bit	Control Packet size
90.	ξ (Data fusion rate)
50 nJ/bit	θ_1
10 pJ/bit/m ²	θ_2
50 m (default)	H
2	B
0.0001	α_{min}
1000	α_{max}
(400×600) m ²	Network Area
0.2 Kbps	Sensing rate
80 second	t_{dc}
0.05	Υ (desired number of CH)

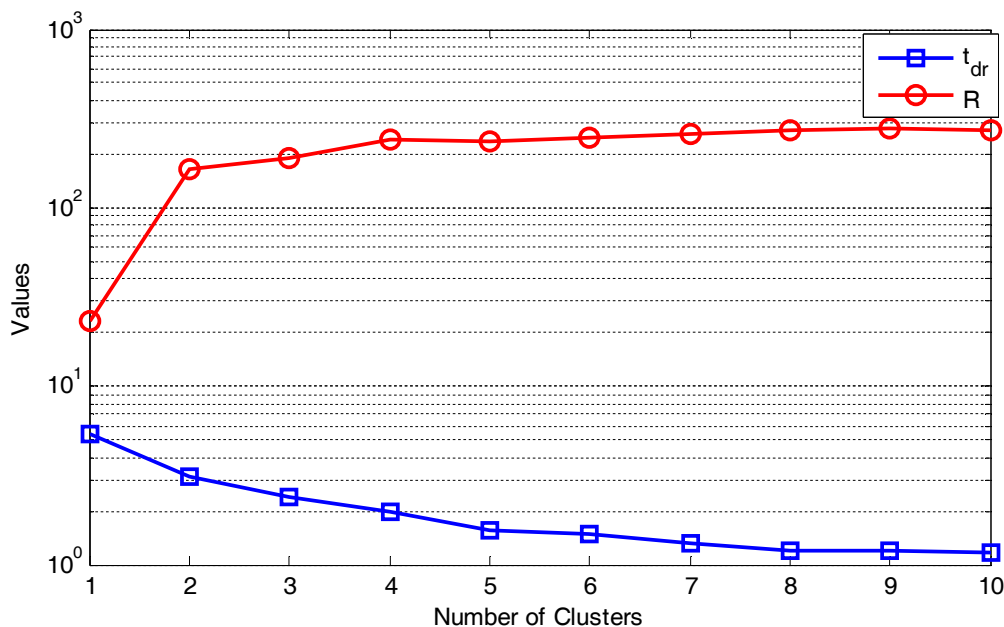
همچنین مقدار شعاع کاوش R را با فرض تعداد خوشه‌های متفاوت، اندازه‌گیری نمودیم. نتایج به دست آمده از میانگین ۱۰ بار اجرا را در شکل (۱۳) مشاهده می‌کنید. همانطور که مشاهده می‌شود، زمانی که تعداد خوشه‌ها افزایش پیدا می‌کند، سینک برای دست یافتن به کمترین مقدار t_{dr} باید در نقاطی مشترک بین سرخوشه‌ها قرار گیرد، لذا شعاع کاوش R برای جستجوی این نقاط باید افزایش پیدا کند؛ اما هر چه اندازه خوشه‌ها کوچکتر گردد یا تعداد آنها افزایش پیدا نماید، سینک در مدت زمان کوتاهتری می‌تواند داده‌های خوشه‌ها را جمع‌آوری نماید، زیرا طبق رابطه ۸، کاهش بیشتری پیدا خواهد نمود.

۱-۴-۱- ارزیابی روش پیشنهادی

۱-۱-۴- بررسی تأثیر تعداد خوشه‌ها بر

مقدار R و t_{dr}

در این قسمت با در نظر گرفتن تعداد ۲۰۰ گره حسگر و $t_{dc}=3$ ثانیه، کمترین مقدار ممکن t_{dr} و



شکل (۱۳): تأثیر تعداد خوشه‌ها بر R و t_{dr}

۴-۱-۲- تأثیر تعداد نقاط توقف بر شعاع

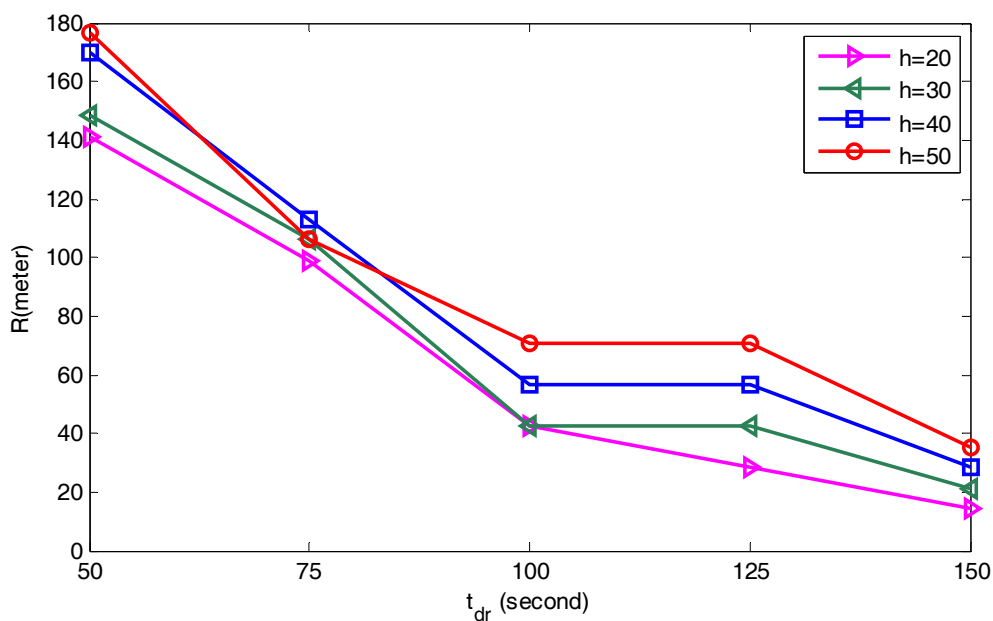
کاوش R و در زمان های متفاوتی از t_{dr}

در این قسمت، شعاع کاوش R و ماکزیم مصرف انرژی ارسال سرخوشه‌ها را برای مقادیر متفاوت h و در زمان‌های t_{dr} مشخصی اندازه‌گیری نمودیم. پارامتر h فاصله بین نقاط توقف را مشخص می‌کند. واضح است که با افزایش h، تعداد نقاط توقف در سطح شبکه کاهش پیدا خواهند کرد و با کاهش h، تعداد نقاط افزایش پیدا می‌کند. تاثیر این پارامتر را بر روی شعاع R و به ترتیب در شکل های (۱۴) و (۱۵) مشاهده می‌نمایید.

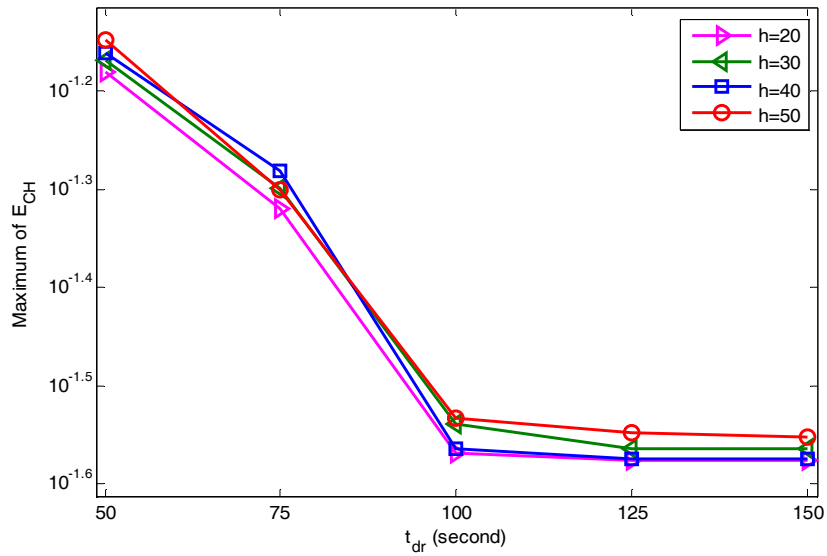
همانطور که در شکل (۱۴) مشاهده می‌کنید، در هر زمان t_{dr} مشخص، افزایش h افزایش R را به

دنبال خواهد داشت؛ زیرا افزایش R در هر مرحله از الگوریتم پیشنهادی ارتباط مستقیمی با R_0 دارد و کمترین اندازه شعاع کاوش (R_0) برابر با می‌باشد.

اما افزایش شعاع کاوش R با توجه به افزایش مقدار h در زمان t_{dr} ثابت، تأثیر خود را بر مقدار به دست آمده از تابع بهینه‌سازی (۵) در شکل (۱۵) نشان داده است. همانطور که مشاهده می‌شود، در یک زمان t_{dr} ثابت، افزایش h باعث افزایش مصرف انرژی سرخوشه‌ها می‌گردد، زیرا نقاط توقف به دست آمده، فاصله بیشتری با سرخوشه‌ها خواهند داشت؛ از اینرو باعث افزایش مصرف انرژی در آنها خواهد شد.



شکل (۱۴): تأثیر تعداد نقاط توقف بر R در زمان های متفاوت t_{dr}



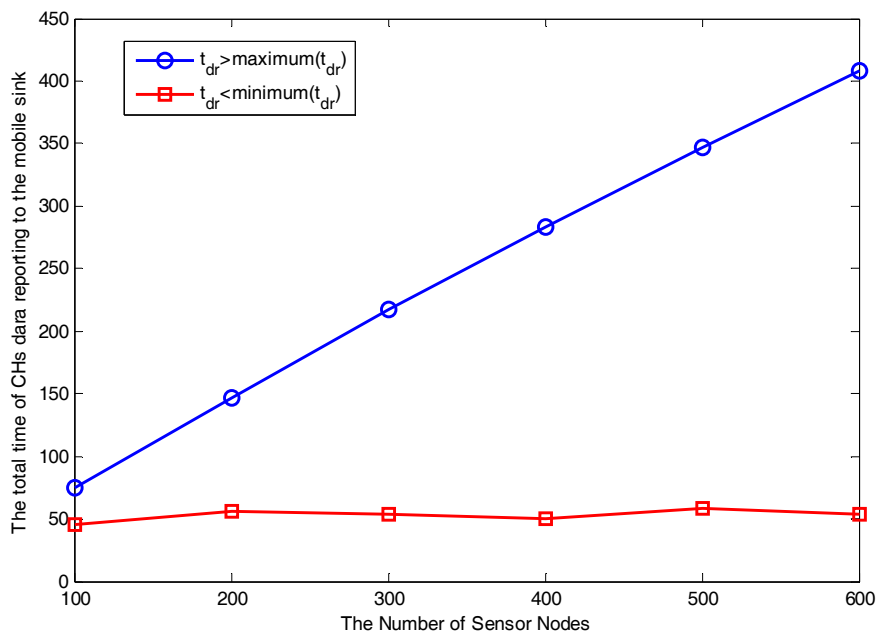
شکل (۱۵): تأثیر تعداد نقاط توقف بر در زمان های متفاوت t_{dr}

داریم میانگین زمان جمع‌آوری داده‌های سرخوشه‌ها را توسط سینک تا زمان مرگ اولین گره حسگر در دو حالت برای شبکه‌هایی با تعداد متفاوتی از گره‌ها اندازه‌گیری نماییم.

۳-۱-۴- بررسی تأثیر t_{dr} بر شعاع کاوش R .

و تعداد نقاط توقف در دو حالت

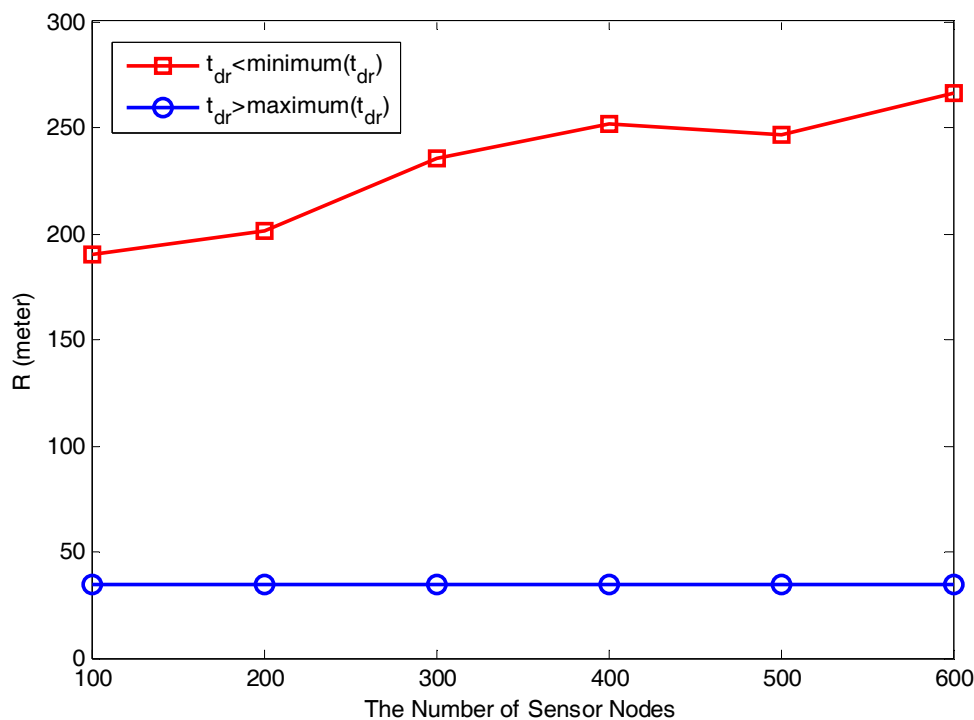
در رابطه (۹) و (۸) به ترتیب یک مقدار کمینه و بیشینه برای t_{dr} با توجه به اندازه خوشه‌ها ارائه شده است. ما در این قسمت از شبیه‌سازی قصد



شکل (۱۶): مقدار t_{dr} در دو حالت

همانطور که در شکل (۱۶) مشاهده می شود، اگر زمان t_{dr} را از بیشتر در نظر بگیریم، سینک با پهلو گرفتن در کنار هر سرخوشه، داده‌های آنرا جمع‌آوری می کند. با توجه به اینکه در شبکه پنج درصد گره‌ها به عنوان سرخوشه انتخاب خواهند شد. به طور میانگین اندازه خوشه‌ها در شبکه با تعداد متفاوت گره حسگر، برابر خواهد بود. در نتیجه با افزایش تعداد گره‌های حسگر و به دنبال

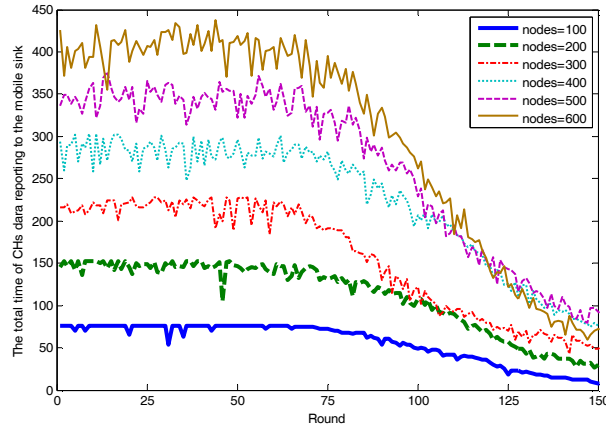
آن افزایش تعداد خوشه‌ها، مشخص است که زمان نیز افزایش پیدا خواهد کرد. به عنوان مثال در شبکه با ۵ گره سرخوشه و ۹۵ گره حسگر کل مدت زمان جمع‌آوری داده‌ها برابر است با همان طور که در شکل (۱۷) مشاهده می‌شود، مقدار R برای این حالت ثابت و برابر با ۳۵/۳۵ متر می‌باشد.



شکل (۱۷): مقدار R در دو حالت (و) و (و)

در شکل (۱۷) زمان جمع‌آوری داده‌های سرخوشه‌ها، برای حالتی که زمان t_{dr} را از بیشتر در نظر گرفته شود، در راندهای صفر تا ۱۵۰

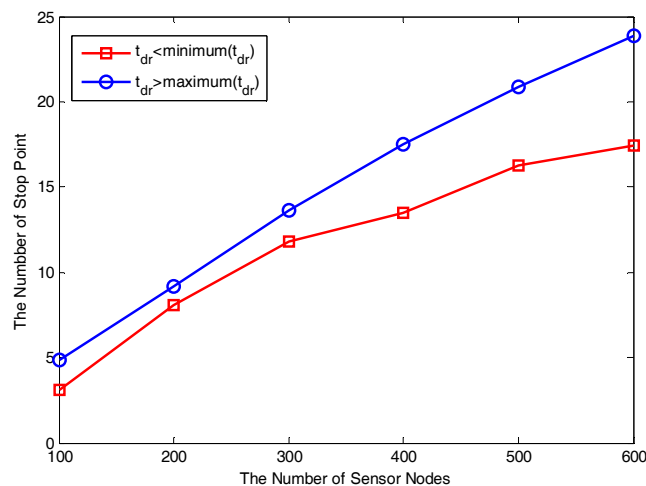
مشخص شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، این زمان متناسب با افزایش تعداد گره‌های شبکه افزایش پیدا خواهد کرد.



شکل (۱۸): مقدار t_{dr} در حالت () برای شبکه ای با تعداد گره حسگر متفاوت

برای t_{dr} برای تمامی حالت‌های تقریباً برابر است؛ چرا که کمترین زمان وابسته به اندازه بزرگترین خوشه است و از آنجایی که اندازه خوشه‌ها با توجه به درصد بهینه سرخوشه‌ها برابر است؛ لذا کمترین مقدار زمان جمع‌آوری داده‌های سرخوشه‌ها در تمامی حالت‌ها تقریباً برابر است؛ اما از سویی دیگر، مقدار شعاع کاوش برای جستجوی نقاط توقف افزایش پیدا خواهد کرد و دلیل آن افزایش، تعداد خوشه‌ها در شبکه می‌باشد (شکل (۱۷) را مشاهده نمایید).

اما در حالتی که زمان t_{dr} را از کوچکتر در نظر گرفته شود، الگوریتم پیشنهادی با افزایش مقدار R به جواب نخواهد رسید؛ چرا که برای دریافت همزمان داده‌های خوشه‌ها نیاز به مدت زمانی برابر با دارد. در این حالت الگوریتم پیشنهادی با محاسبه موقتی که وابسته به شرایط خوشه‌ها می‌باشد، مجدداً اجرا خواهد کرد. مقادیر به دست آمده جهت جمع‌آوری داده‌های سرخوشه‌ها در حالت‌های متفاوت از نظر تعداد گره‌ها، در شکل ۱۶ مشاهده می‌شود. کمترین زمان به دست آمده



شکل (۱۹): تعداد نقاط توقف در دو حالت () و ()

در شکل (۱۹)، میانگین تعداد نقاط توقف سینک برای جمع‌آوری داده‌های سرخوشه‌ها تا مرگ اولین گره حسگر مشاهده می‌شود؛ در حالتی که زمان t_{dr} از مقدار بیشتر در نظر گرفته شود، ماکزیمم تعداد نقاط توقف برابر است با تعداد سرخوشه‌ها، اما این امکان وجود دارد که در برخی از نقاط داده‌های سرخوشه‌ها به صورت مشترک جمع‌آوری گردد؛ چرا که ممکن است فاصله سرخوشه‌ها از مقدار R_0 کمتر قرار گیرد. در حالتی که زمان t_{dr} از مقدار کمتر باشد، سینک با توقف در تعداد نقاط کمتری، داده‌های سرخوشه‌ها را در کمترین مدت زمان ممکن و با مصرف بهینه انرژی جمع‌آوری خواهد نمود.

۴-۱-۱- بررسی انرژی مصرفی الگوریتم

پیشنهادی در دو حالت

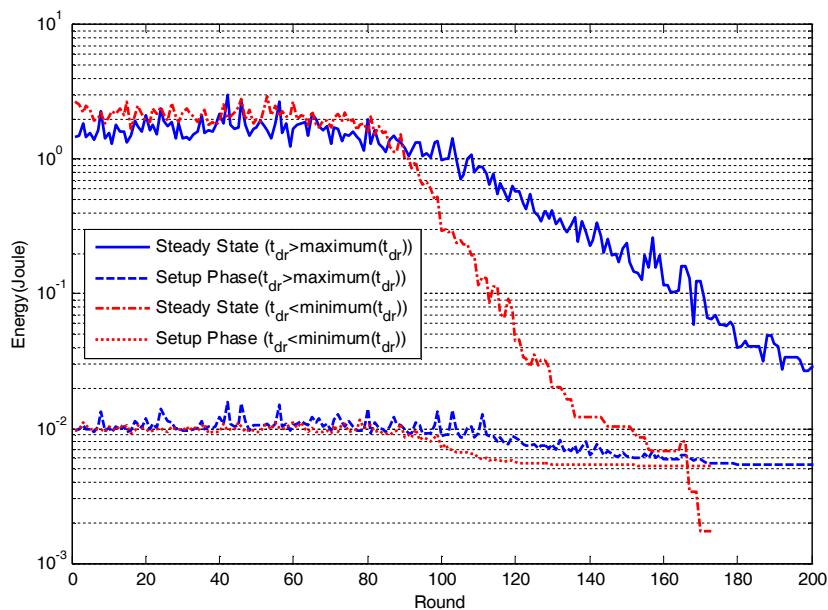
در این قسمت از شبیه‌سازی، انرژی مصرفی در فاز حالت دائمی (Steady State Phase) ^{۲۴} و فاز حالت راه اندازی ^{۲۵} (Setup Phase) را برای شبکه‌ای با ۲۰۰ گره برای دو حالت در طی ۲۰۰ راند اندازه‌گیری نمودیم. با توجه به نتایج به دست آمده در قسمت‌های قبل، در حالتی که زمان t_{dr} از مقدار بیشتر در نظر گرفته شود، سرخوشه‌ها انرژی کمتری را برای گزارش داده‌ها استفاده خواهند کرد و به این ترتیب عمر شبکه در این حالت طولانی‌تر خواهد شد؛ ولی در

حالت دیگر به دلیل افزایش فاصله سینک از سرخوشه‌ها، انرژی مصرفی آنها در فاز حالت دائمی بالاتر خواهد بود.

در خصوص مصرف انرژی فاز راه‌اندازی، در هر دو حالت انرژی نسبتاً برابری مصرف می‌گردد؛ زیرا انرژی فاز راه‌اندازی ارتباطی به حرکت سینک در شبکه نخواهد داشت. (شکل (۲۰) را مشاهده نمایید).

۱- در این فاز سرخوشه‌ها داده‌های اعضا خود را جمع‌آوری کرده و برای سینک ارسال خواهند کرد.

۲- در این فاز سرخوشه‌ها انتخاب شده و به دنبال آن خوشه‌ها و اعضا آنها نیز مشخص خواهند شد.



شکل (۲۰): مصرف انرژی ارسال داده و ایجاد سرخوشه‌ها در دو حالت (و) و ()

۲-۴- عملکرد الگوریتم پیشنهادی در

مقایسه با کارهای مرتبط

در این قسمت از شبیه‌سازی، الگوریتم پیشنهادی را از لحاظ عمر شبکه (مرگ اولین گره حسگر)، کل داده‌های دریافتی از محیط، کل داده‌های گزارش شده به سینک و انرژی مصرفی فاز راه اندازی شبکه با یکدیگر مقایسه خواهیم نمود. برای این مقایسه، چهار الگوریتم مرتبط با روش ارائه شده را در نظر گرفته‌ایم. سه روش ارائه شده در [۲۰]، [۲۸] و [۲۹] در قسمت کارهای مرتبط بررسی شده‌اند و سینک ایستا که سینک در یک مکان (معمولاً خارج از شبکه) تا مرگ آخرین گره حسگر به طور ثابت قرار گرفته است.

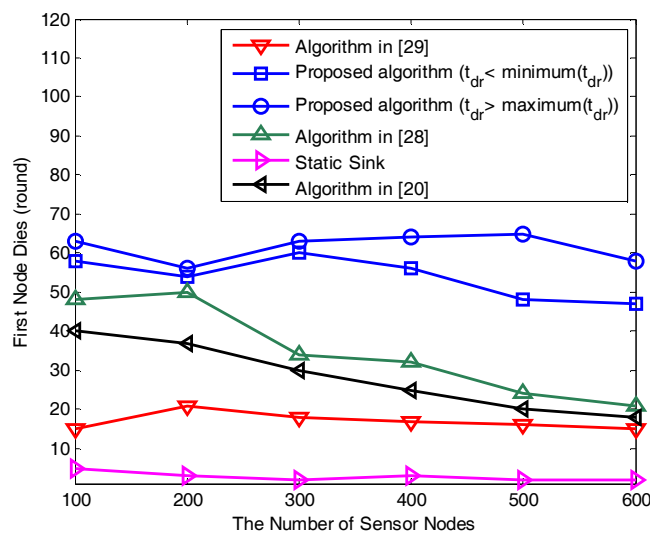
۲-۴-۱- مقایسه عمر شبکه

در بسیاری از روش‌های ارائه شده، مرگ اولین گره حسگر را به عنوان طول عمر شبکه حسگر

در نظر گرفته‌اند. در این قسمت، روش پیشنهادی را در دو حالت () و () با سینک ایستا و روش‌های ارائه شده در [۲۰]، [۲۸] و [۲۹] مقایسه نموده‌ایم. همانطور که در شکل (۲۱) مشاهده می‌شود، روش پیشنهادی در هر دو حالت از دیگر روش‌های ارائه شده بهتر عمل کرده و زمان مرگ اولین گره را طولانی‌تر کرده است. دلیل این برتری را می‌توان در حرکت بهینه سینک در شبکه و در نظر گرفتن انرژی مصرفی سرخوشه‌ها دانست. روش ارائه شده در [۲۸] نیز با در نظر گرفتن فاصله و به دنبال آن انرژی مصرفی سرخوشه‌ها مکان بهینه سینک را در مرکز دایره محاط کننده سرخوشه‌ها تعیین می‌کند. روش [۲۰] نیز بر مبنای انرژی باقیمانده سرخوشه‌ها و تعداد راندهای باقیمانده، محل سینک را مشخص می‌کند؛ اما روش ارائه شده در

[۲۹] یک مسیر برای حرکت سینک در شبکه تعیین کرده است و گره‌هایی موجود در شعاع پوشش سینک، داده‌های خود را به صورت تگ گامی به آن ارسال می‌کنند. داده‌های موجود در دیگر گره‌ها باید از طریق یک مسیر چند گامی بهینه به این گره‌ها انتقال یابند. مشکل اساسی در این روش، ثابت ماندن گره‌های تحت پوشش سینک و تخلیه هر چه سریعتر انرژی در آنهاست. اما روش پیشنهادی که مبتنی بر الگوریتم‌های خوشه‌بندی می‌باشد، با تعویض سرخوشه‌ها در هر راند و دریافت بهینه داده‌های آنها در زمان مشخص شده t_{dr} توانسته است زمان مرگ اولین گره حسگر را بین ۲ تا ۴ برابر نسبت به روش [۲۹] افزایش دهد.

همانطور که در شکل (۲۱) مشاهده می‌شود، زمان مرگ اولین گره حسگر در حالت $t_{dr} <$ ، طولانی‌تر از حالتی است که زمان t_{dr} از مقدار کمتر در نظر گرفته شود، زیرا سینک مدت زمان کافی برای جمع‌آوری داده‌های سرخوشه‌ها دارد. این مقایسه نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی با کنترل حرکت سینک در شبکه، نسبت به روشی که سینک متحرک مسیری مقید و از قبل تعیین شده را طی می‌کند، مانند [۲۹] بسیار کارآتر و بهینه‌تر عمل می‌کند. روش پیشنهادی در مقایسه با روش سینک ایستا توانسته است زمان مرگ اولین گره حسگر را بین هشت تا ده برابر افزایش دهد.



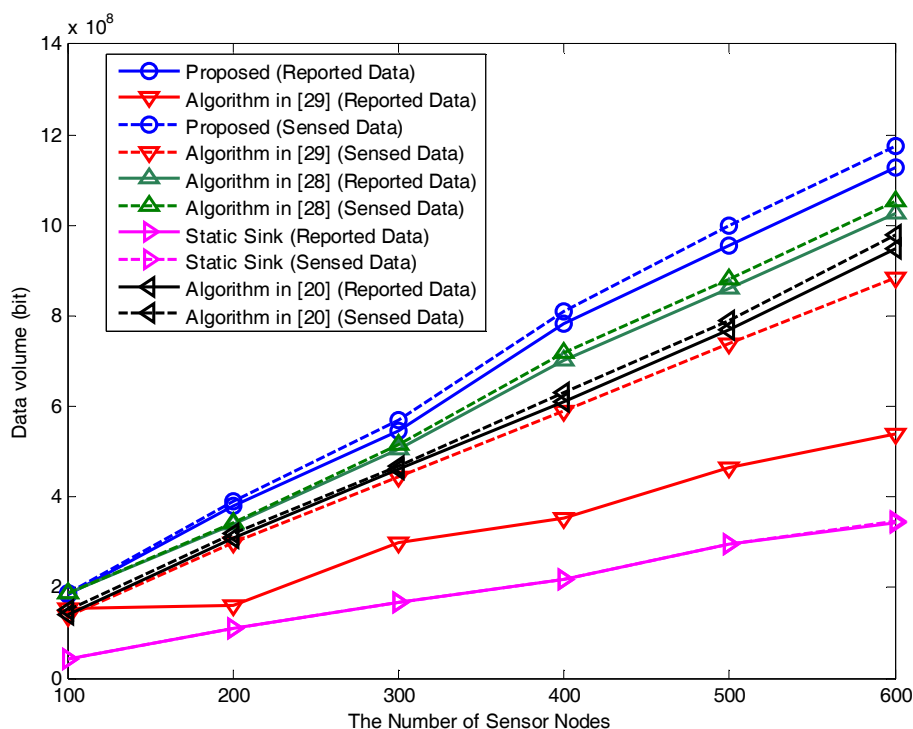
شکل (۲۱): مقایسه مرگ اولین گره حسگر

۴-۲-۲- مقایسه کل داده‌های دریافتی از محیط به همراه کل داده‌های گزارش شده به سینک متحرک

در این قسمت، کل داده‌های دریافت شده از محیط و کل داده‌های گزارش شده به سینک در روش پیشنهادی را با چهار روش دیگر مقایسه نموده‌ایم. همانطور که در شکل (۲۲) مشاهده

داده در سرخوشه‌ها دانست، اما در خصوص روش ارائه شده در [۲۹] این اختلاف بسیار بیشتر می باشد؛ زیرا مرگ برخی از گره‌های حسگر در مرکز شبکه باعث قطع ارتباط دیگر حسگرها با گره های تحت پوشش سینک می شود.

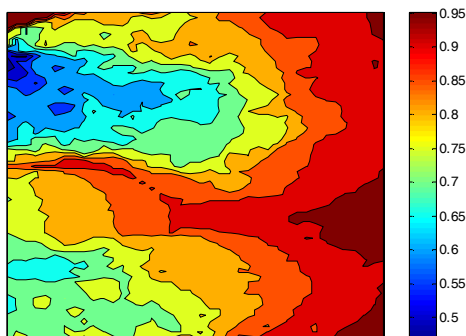
می شود، کل داده‌های دریافتی از محیط و داده‌های گزارش شده به سینک در روش پیشنهادی از دیگر روش‌ها بیشتر می باشد. اما دلیل کاهش داده‌های گزارش شده نسبت به داده‌های دریافت شده از محیط را می توان مرگ سرخوشه در زمان، گزارش داده و همچنین نوب



شکل (۲۲): مقایسه کل داده های دریافتی از محیط وکل داده های گزارش شده

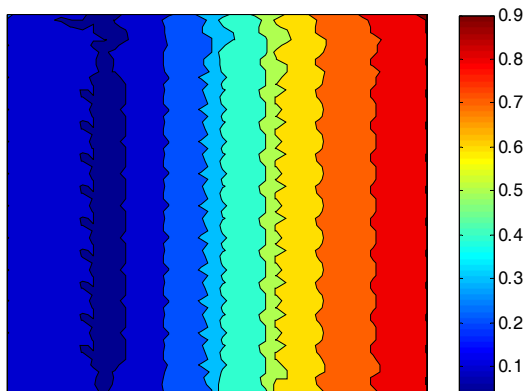
می شود، گره‌ها در محلی قرار گرفته اند که چگالی حسگرها در آنجا کمتر است و تحت فشار انتقال بسته‌های گره‌های دیگر، سریعتر از بین خواهند رفت و در نتیجه کل داده‌های گرفته شده از محیط که می بایست از این گره عبور می کردند، از دست خواهند رفت. لذا این اختلاف بین داده‌های دریافتی از محیط و گزارش شده به سینک به وجود خواهد آمد.

در شکل (۲۳)، شبکه‌ای متشکل از ۲۰۰ گره حسگر را مشاهده می کنید که مطابق با روش [۲۹] سینک در یک مسیر مشخص (از نقطه (۱۰، ۱۰) به (۱۰، ۱۰) و برعکس)، دائماً در حال حرکت است و داده‌های گره‌های موجود در شعاع پوشش خود را جمع‌آوری می کند. در شکل (۲۴) سطح انرژی باقی مانده در شبکه را در زمان مرگ اولین گره حسگر نشان داده ایم. همانطور که مشاهده



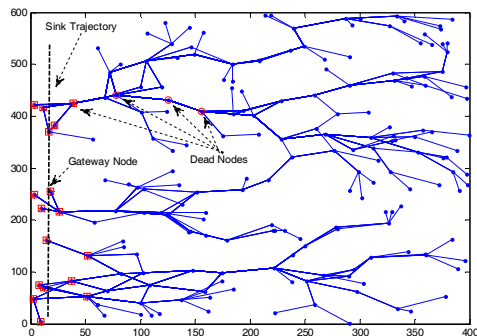
شکل (۲۴): سطح انرژی باقی مانده در شبکه شکل ۲۳

مشخص شده است، شکل (۲۶). همانطور که مشاهده می‌شود، کاهش سطح انرژی از سمت گره‌های انتهایی شبکه به سمت گره‌های تحت پوشش سینک صورت می‌گیرد. البته در [۲۹] روش‌هایی مانند استفاده از مسیرهای متفاوت برای حرکت سینک و یا حرکت چندین سینک در سطح شبکه، ارائه شده است.



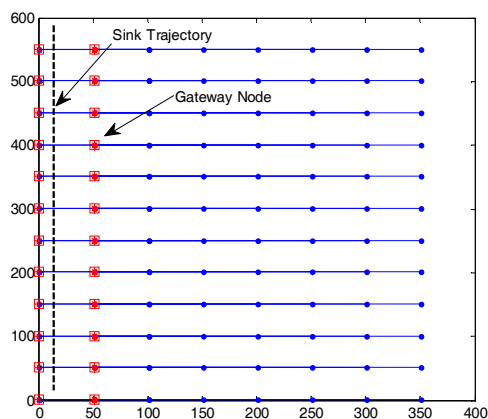
شکل (۲۶): سطح انرژی باقی مانده در شبکه گزیده شکل

۲۵



شکل (۲۳): توپولوژی شبکه در روش [۲۹]

همانطور که در شکل (۲۳) مشاهده می‌شود، گره حسگر تحت پوشش سینک نیز جزء اولین گره‌های از بین رفته می‌باشد. مشخص است سینک از هر مسیری که عبور کند، گره‌های اطراف آن مسیر انرژی خود را به سرعت از دست خواهند داد. در شبیه‌سازی دیگری، سطح انرژی یک شبکه که گره‌ها به صورت گزیده پخش شده‌اند شکل (۲۵). در زمان مرگ اولین حسگر

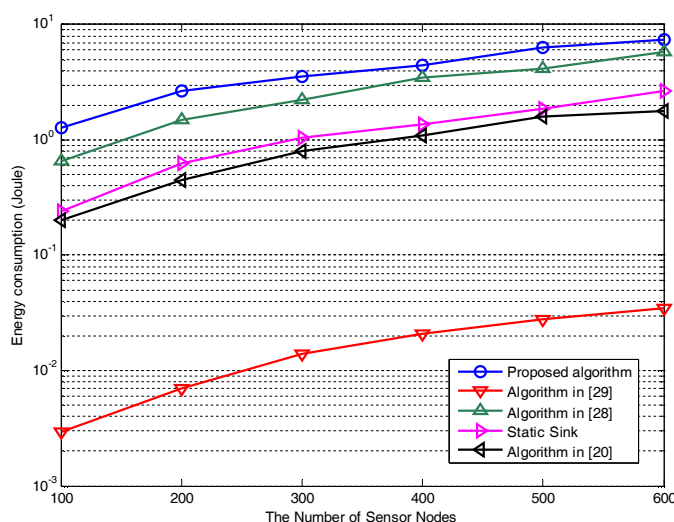


شکل (۲۵): توپولوژی شبکه گزیده در روش [۲۹]

۳-۲-۴- مقایسه انرژی مصرفی فاز راه اندازی

در این قسمت از شبیه‌سازی، انرژی مصرفی در خصوص راه‌اندازی شبکه را در روش ارائه شده و دیگر روش‌ها اندازه‌گیری کرده‌ایم. همانطور که در شکل (۲۷) نشان داده شده است، انرژی روش ارائه شده و روش‌های [۲۰] و [۲۸] تقریباً با هم برابر است؛ اما به دلیل انتقال یکسری پیام‌های کنترلی در خصوص محل قرارگیری سینک، در مقایسه با روش سینک ایستا، بالاتر

می‌باشد. این چهار روش (روش ارائه شده، [۲۰]، [۲۸] و سینک ایستا) در مقایسه با روش ارائه شده در [۲۹] از مصرف انرژی بالاتری برخوردارند؛ زیرا در روش ارائه شده [۲۹] همان ابتدای کار مسیریابی بین گره‌ها تعیین می‌شود و تا پایان عمر، شبکه ثابت خواهد بود؛ اما در سه روش دیگر در هر راند جهت ایجاد خوشه‌ها و اعلام محل قرارگیری سینک (روش ارائه شده و روش [۲۸]) انرژی بیشتری مصرف خواهد شد.



شکل (۲۷): مقایسه انرژی مصرفی راه اندازی

از آنجا که ساختارهای سلسله مراتبی به عنوان یکی از پرکاربردترین توپولوژی‌های شبکه‌های حسگر بی‌سیم محسوب می‌گردد، در این مقاله روشی مبتنی بر مدل برنامه نویسی ریاضی MILP برای حرکت سینک در شبکه‌های سلسله مراتبی و با در نظر گرفتن نوع کاربرد شبکه پیشنهاد گردید.

خوشه، گره سرخوشه موظف به مدیریت خوشه و جمع‌آوری و پردازش اولیه داده خوشه خود می‌باشد. پس از اینکه داده‌های هر خوشه توسط سرخوشه آن، در زمان t_{dc} جمع‌آوری گردید، حرکت سینک با انتخاب مسیری برای تخلیه داده‌های سرخوشه‌ها، آغاز می‌شود. این مسیر حرکت سینک متشکل از تعدادی نقاط توقف می‌باشد که سینک، مدت زمانی را برای توقف در هر نقطه مشخص می‌کند؛ اما مهمترین پارامتری

در شبکه‌های سلسله مراتبی گره‌های حسگر به خوشه‌هایی مجزا تقسیم می‌شوند و در هر

که سینک در تعیین مسیر خود در نظر می‌گیرد، زمان t_{dr} می‌باشد. زمان وابسته به نوع کاربرد بوده به این مفهوم که سینک کل داده‌های شبکه را باید در این زمان جمع‌آوری کند و داده‌هایی دست آمده پس از این زمان، مورد استفاده قرار نخواهد گرفت.

در قسمت شبیه‌سازی، ابتدا روش پیشنهادی را به طور کامل ارزیابی نمودیم. در این ارزیابی تأثیر پارامترهایی مانند اندازه خوشه، تعداد نقاط توقف، انتخاب زمان‌های متفاوت t_{dr} و افزایش تعداد گره‌های حسگر در شبکه، را بر عملکرد الگوریتم مورد بررسی قرار دادیم. در ادامه، الگوریتم پیشنهادی را با سه کار مشابه در سناریوی‌های متفاوتی با یکدیگر مقایسه نمودیم.

نتایج شبیه‌سازی افزایش حداقل هشت برابری طول عمر شبکه حسگر را نسبت به روش سینک ایستا و افزایش دو تا چهار برابری را نسبت به حرکت سینک در مسیر مقید، نشان می‌دهد. روش پیشنهادی، روشی مرکزی بوده که در آن سینک، کلیه عملیات مربوط به تعیین مسیر را خود انجام می‌دهد و زمان حرکت سینک بین نقاط توقف و بررسی ترافیک‌های متفاوت شبکه، در نظر گرفته نشده است؛ لذا ارائه یک روش توزیع شده برای حرکت سینک در شبکه‌های حسگر بیسیم، به خصوص در توپولوژی‌های سلسله‌مراتبی، و مد نظر قرار دادن مدت زمان حرکت سینک بین نقاط توقف و در نظر گرفتن ترافیک‌های متفاوت در شبکه به عنوان کارهای آینده پیشنهاد می‌گردند.

۶- مراجع

1. W. Heinzelman, "Application-specific protocol architectures for wireless networks", Ph.D. Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, June 2000.
2. O. Younis, M. Krunz and S. Ramasubramanian, "Node clustering in wireless sensor networks: recent developments and deployment challenges", IEEE Transactions on Networking, volume 20, pages 20-25, June 2006.
3. Z.M. Wang, S. Basagni, E. Melachrinoudis, and C. Petrioli, "Exploiting Sink Mobility for Maximizing Sensor Network Life-time," Proc. 38th Hawaii Int'l Conf. System Sciences, 2005.
4. M. Gatzianas and L. Georgiadis, "A Distributed Algorithm for Maximum Lifetime Routing in Sensor Networks with MobileSink," IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 7, no. 3, pp. 984-994, Mar. 2008.
5. J. Luo and J.-P. Hubaux, "Joint Mobility and Routing for Lifetime Elongation in Wireless Sensor Networks," Proc. IEEE INFOCOM, 2005.
6. R.C. Shah, S. Roy, S. Jain, and W. Brunette, "DataMules: Modeling a Three-Tier Architecture for Sparse Sensor Networks," Proc. First IEEE Int'l Workshop Sensor Network Protocols and Applications (SNPA '03), pp. 30-41, May 2003.
7. S. Basagni, A. Carosi, E. Melachrinoudis, C. Petrioli, and Z.M. Wang, "A New MILP Formulation and Distributed Protocols for Wireless Sensor Networks Lifetime Maximization" Proc. IEEE Int'l Conf. Comm., pp. 3517-3524, June 2006.

8. W. Wang, V. Srinivasan, and K.-C. Chua, "Using Mobile Relays to Prolong the Lifetime of Wireless Sensor Networks," Proc. ACM MobiCom, pp. 270-283, 2005.
9. I. Papadimitriou and L. Georgiadis, "Maximum Lifetime Routing to Mobile Sink in Wireless Sensor Networks," Proc. 13th IEEE Int'l Conf. Software, Telecomm. and Computer Networks (SoftCom '05), 2005.
10. Farzad Tashtarian, A. T. Haghghat, Mohsen Tolou Honary, Hamid Shokrzadeh, "A New Energy-Efficient Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks", Proc. of international Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM2007), Croatia, 27 - 29, September 2007.
11. Farzad Tashtarian, M. Tolou Honary, A. Haghghat and J. Chitizadeh, "A New Energy-Efficient Level-based Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks", Proc. of Sixth International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS2007), Singapore, 10-13 , Dec. 2007.
12. Farzad Tashtarian, A.T Haghghat, M.H. Yaghmaee, M. Tolou Honary, M. Mazinani, "On global clustering algorithm: layer-oriented approach for multi hop wireless sensor network", published on the International Review on Computers and Software (IRECOS) vol. 6, N. 2, page: 209-220 , may 2009.
13. M. Mazinani, M.H. Yaghmaee, Farzad Tashtarian M. Tolou Honary and J. Chitizadeh, "On global clustering algorithm: layer-oriented approach for First /Last node dying applications" published on the International Review on Computers and Software (IRECOS) vol. 4, N. 2, page: 229-240, march 2009.
14. A. Mohebi, Farzad Tashtarian, M.H. Yaghmaee Moghaddam, M.T Honary, "EELLER: Energy Efficient-Low Latency Express Routing for Wireless Sensor Networks" accepted and will be published on the The 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET 2010), 16-18, Chengdu, China, April 2010
15. J. Luo and J.-P. Hubaux, "Joint Mobility and Routing for Lifetime Elongation in Wireless Sensor Networks," Proc. IEEE INFOCOM, 2005.
16. L. Sun, Y. Bi, J. Ma, "A Moving Strategy for Mobile Sinks in Wireless Sensor Networks", In proceeding of 2nd IEEE Workshop on Wireless Mesh Networks(WiMesh), pages 151-153, September 2006.
17. Y. Bi, J. Niu, L. Sun, W. Huangfu, Y. Sun, "Moving Schemes for Mobile Sinks in Wireless Sensor Networks", In proceeding of IEEE Performance, Computing, and Communications Conference(IPCCC) , pages 101-108 , April 2007.
18. Stefano Basagni, Alessio Carosi, Emanuel Melachrinoudis, Chiara Petrioli and Z. Maria Wang, "Controlled sink mobility for prolonging wireless sensor networks lifetime," Springer Science Wireless Netw, 2008.
19. J. CHOI, Y. CHO, S. CHOI, S. LEE, "A Cluster Header-based Energy-efficient Mobile Sink Supporting Routing Protocol in Wireless Sensor Networks",In proceeding of Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, 2009. Page(s): 648 - 651 ,2009.
20. M. H. Khodashahi, F. Tashtarian, M. H. Yaghmaee Moghaddam, M. Tolou Honary, "Optimal Location for Mobile Sink in Wireless Sensor Networks", In proceeding of Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), IEEE,pages 1-6, 2010

21. R. Zhang, M. J. Lee, S. Soon Joo, “**Distributed mobile sink support in wireless sensornetworks**”, In proceeding of IEEE Military Communications Conference(MILCOM) , pages 1-6, November 2008.
22. H. Luo, F. Ye, J. Cheng, S. Lu and L. Zhang, “**TTDD: Twotier Data Dissemination in Large-scale Wireless Sensor Networks**”, ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications(MONET), pp. 148-159, Sept. 2003.
23. J.RAO, S. BISWAS, “**Data Harvesting in Sensor Networks Using Mobile Sinks**”, IEEE Wireless Communications, December 2008
24. Y. Shi and Y.T. Hou, “**Theoretical Results on Base Station Movement Problem for Sensor Network**,” Proc. The 27th Conference on Computer Communications. IEEE INFOCOM2008,Page(s): 1 - 5 2008.
25. YoungSang Yun, Ye Xia, “**Maximizing the Lifetime of Wireless Sensor Networks with Mobile Sink in Delay-Tolerant Applications**” IEEE Transaction on Mobile Computing, pp: 1308 – 1318,Sept. 2010.
26. J. Luo, J. Panchard, M. Piorkowski, M. Grossglauser and J. Hubaux. MobiRoute: Routing towards a Mo-bile Sink for Improving Lifetime in Sensor Networks.2nd IEEE/ACM Intl Conf. on Distributed Computing in Sensor Systems(DCOSS), pp. 480-497, 2006.
27. W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, H. Balakrishnan, “**An application-specific protocol architecture for wireless micro sensor networks**,” IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 1, no. 4, pp. 660-670,October 2002.
28. Pan, J.; Cai, L.; Hou, Y.T.; Shi, Y.; Shen, S.X. “**Optimal base-station locations in two-tiered wireless sensor networks**” IEEE Transaction on Mobile Computing, Vol. 4, No.5 September 2005.
29. Shuai Gao; Hongke Zhang; Das, S.K.” **Efficient Data Collection in Wireless Sensor Networks with Path-Constrained Mobile Sinks**” IEEE Transaction on Mobile Computing, Vol. 10, No.5 April 2011.
30. <http://lpsolve.sourceforge.net/5.5/>



تشخیص فازی حمله‌های مخرب به برنامه‌های تحت وب مبتنی بر مدل‌های مخفی مارکوف گروهی

محمد گرایلی^{۱*}، مجید وفایی جهان^۲، سعید راحتی فوجانی^۳

^۱دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه کامپیوتر، مشهد، ایران

^۲دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه برق، مشهد، ایران

چکیده:

در این مقاله برای تشخیص درخواست‌های HTTP که با هدف خرابکاری یا نفوذ به برنامه‌های تحت وب ارسال می‌شوند، سیستم تشخیص نفوذی ارائه می‌شود که با نظارت بر آنها، با داشتن نرخ کشف حمله بالا، به پایین‌ترین نرخ مثبت کاذب دست یابد. به این منظور هر ویژگی استخراج شده از یک درخواست HTTP به وسیله تعدادی HMM، تحت عنوان یک گروه دسته‌بندی‌کننده، مدل‌سازی می‌شود. سپس با ادغام خروجی‌های حاصل از HMM‌های درون یک گروه، مقدار احتمالی تولید می‌شود که نشان‌دهنده میزان نرمال بودن ویژگی مربوطه می‌باشد. این سیستم از استنتاج فازی برای برقراری مرز تصمیم‌گیری انعطاف‌پذیر بین درخواست‌های HTTP نرمال و غیرنرمال استفاده می‌کند. به این منظور، ابتدا مجموعه‌ها و قوانین فازی ماژول تصمیم‌گیری به صورت دستی و بر اساس برنامه کاربردی و ارزش امنیتی هر ویژگی شکل می‌گیرند؛ سپس خروجی احتمالی هر یک از گروه‌های HMM با توجه به مجموعه‌های فازی تولید شده، فازی می‌شود. این مقادیر فازی توسط موتور استنتاج فازی به کار گرفته می‌شود و به خروجی که حاکی از نرمال و یا غیرنرمال بودن درخواست HTTP می‌باشد، تبدیل می‌گردد. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که این در تشخیص درخواست‌هایی که نزدیک به مرز تصمیم‌گیری قرار گرفته‌اند، از دقت خوبی برخوردار است و برای مجموعه آزمایشی ۵۰۰ درخواست HTTP با نرخ کشف حمله ۱۰۰٪، دارای نرخ مثبت کاذب ۰.۷۹٪ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:

گروه مدل مخفی مارکوف، استنتاج فازی، دسته‌بندی‌کننده چندگانه، ادغام، مرز نرم، نرخ کشف، نرخ مثبت کاذب

* عهده دار مکاتبات

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه کامپیوتر، مشهد، ایران

پست الکترونیکی: vafaeijahan@mshdiau.ac.ir

امروزه اینترنت به‌عنوان یکی از بهترین اختراع‌های بشر، تأثیر شایسته‌ای در زندگی روزمرهٔ انسان‌ها گذاشته و در اکثر زمینه‌های اجتماعی، علمی و... گسترش یافته است. قرار گرفتن اینترنت در چنین جایگاه ارزشمندی مشکلاتی را نیز به همراه داشته است که مهم‌ترین آنها دسترسی غیرمجاز به اطلاعات مهم می‌باشد. در این میان یکی از محصولات اینترنت که بیش از هر محصول دیگری مورد استقبال قرار گرفته است، برنامه‌های کاربردی تحت وب^۱ می‌باشد که در زمینه‌های مختلف ارتباطی، علمی، پزشکی، کسب و کار و سرویس‌های عمومی گسترش یافته است. برنامه‌های کاربردی تحت وب نیز خارج از این قاعده نبوده‌اند و حتی به دلیل ساختاری که دارند، بیشتر تحت تأثیر حمله‌ها و نفوذهای غیرمجاز قرار می‌گیرند [۲]، از این رو در این مقاله روشی برای تشخیص حمله‌های برنامه‌های کاربردی تحت وب ارائه می‌گردد.

تشخیص نفوذ، یک فرآیند نظارت بر حوادث اتفاق افتاده در یک سیستم کامپیوتری و یا یک شبکهٔ کامپیوتری می‌باشد که هدف آن تشخیص نشانه‌هایی مبنی بر نفوذ غیرمجاز می‌باشد و سیستم تشخیص نفوذ نیز نرم‌افزاری برای پیاده‌سازی این فرآیند می‌باشد. سیستم‌های تشخیص نفوذ از نظر عملیاتی و تکنیک‌های مورد

استفاده به دو دستهٔ اصلی مبتنی بر امضاء^۲ و مبتنی بر بی‌نظمی^۳ تقسیم می‌شوند. هدف سیستم‌های تشخیص نفوذ مبتنی بر امضاء، کشف حملاتی می‌باشد که در گذشته رخ داده‌اند و هر چند آنها از نظر نرخ خطا نسبت به سیستم‌های تشخیص نفوذ مبتنی بر بی‌نظمی بهتر عمل می‌کنند، اما در زمینهٔ کشف حملات جدید^۴ دارای ضعف می‌باشند که این نقطه ضعف در سیستم‌های مبتنی بر بی‌نظمی تا حد زیادی برطرف شده است. هدف اصلی در این کار توسعهٔ یک سیستم تشخیص نفوذ با دقت بالا و حداقل خطا می‌باشد که با نظارت بر درخواست‌های HTTP و تشخیص بی‌نظمی در آنها، به کشف حمله‌های علیه برنامه‌های کاربردی تحت وب می‌پردازد. روش پیشنهادی براساس ساختار سیستم‌های تشخیص نفوذ مبتنی بر بی‌نظمی پیکربندی شده است و از مدل مخفی مارکوف و استنتاج فازی برای حل مسئله تشخیص بی‌نظمی استفاده می‌کند.

دو وظیفهٔ مهم در تشخیص بی‌نظمی، مدل‌سازی و دسته‌بندی الگوها و تصمیم‌گیری می‌باشد که اگر به‌خوبی انجام شوند، آنگاه می‌توان عملکرد بهتری را در تشخیص بی‌نظمی مشاهده نمود. سیستم پیشنهادی دارای دو راهکار مهم می‌باشد که باعث می‌شوند وظایف یاد شده به‌خوبی انجام شوند و در نتیجه دقت

2- Signature
3- Anomaly
4- Zero Days Attacks

تشخیص حملات سیستم افزایش یابد. اولین راهکار سیستم، استفاده از دسته‌بندی‌کننده چندگانه^۱ برای مدل‌سازی هر ویژگی استخراج شده از یک درخواست HTTP می‌باشد، به طوری که با ادغام خروجی‌های به دست آمده از هر دسته‌بندی‌کننده، می‌توان خطای ناشی از تعداد محدودی از دسته‌بندی‌کننده‌ها را توسط رأی اکثریت نادیده گرفت. راهکار مهم دیگر، به‌کارگیری مرزی نرم و انعطاف‌پذیر برای تفکیک درخواست‌های HTTP نرمال و غیرنرمال می‌باشد. در اکثر کارهای گذشته، از یک مقدار آستانه برای تفکیک درخواست‌های HTTP نرمال و غیرنرمال استفاده شده است که این امر برای تفکیک درخواست‌هایی که در نزدیکی مرز تصمیم‌گیری قرار دارند، دارای ضعف می‌باشد. اگر درخواست‌های HTTP نرمال و غیرنرمال به وضوح از یکدیگر قابل شناسایی باشند، سیستم تشخیص نفوذ می‌تواند با دقت بالاتری عمل کند. در این روش برای تعریف مرزی مناسب بین الگوهای نرمال و غیرنرمال از استنتاج فازی استفاده شده است. با توجه به دو راهکار یاد شده، سیستم تشخیص نفوذ پیشنهادی، ضمن داشتن نرخ کشف قابل قبول، دارای پایین‌ترین نرخ مثبت کاذب می‌باشد.

بنابراین ابتدا در بخش ۲، بعضی از فعالیت‌ها و تلاش‌هایی که در راستای این موضوع انجام شده‌اند، بررسی می‌شوند و بخش ۳ به

روش‌های کاهش نرخ خطا و افزایش دقت تشخیص حمله به برنامه‌های کاربردی تحت وب می‌پردازد. در بخش ۴، سیستم پیشنهادی شرح داده شده و بخش ۵، آن را مورد ارزیابی و آزمایش قرار می‌دهد. در نهایت بحث و نتیجه‌گیری در قسمت ۶ بیان شده است.

۲- کارهای مرتبط

در زمینه تشخیص نفوذ فعالیت‌های ارزشمندی صورت پذیرفته است. در میان این فعالیت‌ها استفاده از ابزار مدل‌سازی قدرتمندی به نام مدل مخفی مارکوف رایج می‌باشد. از این پس در این کار به جای مدل مخفی مارکوف به طور اختصار از HMM^۲ استفاده می‌شود. HMM ابزار مناسبی برای مدل‌سازی رفتارهای نرمال می‌باشد و بر اساس آن می‌توان به شناسایی نویزها و رفتارهای غیرنرمال پرداخت. این ابزار در فعالیت‌های دیگری چون تشخیص حرکت و تشخیص گفتار نیز به کار گرفته شده است. کرونا و همکاران [۵] چارچوب جدیدی را ارائه نمودند که در آن پرس‌وجوهای ارسال شده به برنامه‌های کاربردی تحت وب، با استفاده از HMM مورد تحلیل قرار می‌گیرند و توجه خاصی به وجود نویز در داده‌های آموزشی دارد. آقای یونگ ژونگ لی [۶] راهکاری فازی برای HMM به‌کار برده است که در آن سیستم به طور انعطاف‌پذیری قابلیت وفق‌پذیری با تغییرات الگوها را دارد، در نتیجه در شناخت حمله‌های

جدید بهبود یافته است. دایو ژانگ همونگ [۱۰] برای شناسایی بی‌نظمی‌ها در فراخوانی‌های سیستمی برنامه‌های سیستمی، شمای فازی را برای سیستم تشخیص نفوذ تعریف کرده است که در آن به جای استفاده از شرایط قطعی و کلاسیک از منطق فازی استفاده می‌کند. آقای اجیت آبراهام و همکاران [۱۳] از تکنیک‌های محاسباتی نرم به ویژه منطق فازی و شبکه‌های عصبی به منظور ساخت یک سیستم تشخیص نفوذ قدرتمند و انعطاف‌پذیر استفاده کرده‌اند. این سیستم مبتنی بر مدل سازی چندگانه با اندازه‌گیری‌های مختلف می‌باشد و در نهایت از منطق فازی برای تصمیم‌گیری نهایی استفاده کرده‌است. آقای کروگل [۹] یک چارچوب چند مدلی برای تشخیص حمله‌ها علیه برنامه‌های کاربردی تحت وب معرفی کرده است که پرس‌وجوهای دریافتی را هم از نظر ویژگی‌های مکانی و هم از نظر ویژگی‌های زمانی مورد تحلیل قرار می‌دهد. در میان مدل سازی‌های مختلفی که در آن ارائه گردیده است، HMM نتایج بهتری را از خود به جای گذاشت.

استوز تاپپادور [۱۱] روشی مبتنی بر نظارت بر درخواست‌های HTTP دریافتی ارائه کرده‌است که از طریق یک مدل مارکوفی که شامل مجموعه‌ای از حالات و گذر بین این حالات می‌باشد، سعی در تشخیص حمله به سرورهای وب را دارد و با توجه به مشخصات پروتکل HTTP در مورد نرمال یا حمله بودن یک درخواست HTTP تصمیم‌گیری می‌کند.

۳- افزایش دقت تشخیص

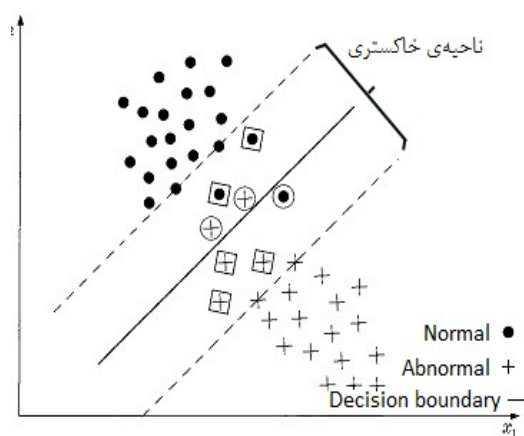
همان‌طور که گفته شد، هدف اصلی در این کار کاهش نرخ خطا می‌باشد. خطا می‌تواند شامل حمله‌ای باشد که سیستم تشخیص نفوذ آن را به‌عنوان درخواست HTTP نرمال می‌شناسد (منفی کاذب)^۱ یا درخواست HTTPی نرمالی که سیستم آن را با برچسب حمله همراه می‌سازد (مثبت کاذب). قبل از این که چگونگی افزایش دقت سیستم تشخیص نفوذ مورد بحث قرار گیرد، ابتدا باید به دو موضوع مرتبط با خطا و دقت در تشخیص اشاره شود.

معمولاً در یک سیستم تشخیص نفوذ، برای هر درخواست HTTP و یا هر ویژگی استخراج شده از آن فقط یک HMM آموزش می‌بیند و فقط از همان مدل به منظور دسته‌بندی درخواست‌های HTTP استفاده می‌شود. این امر باعث می‌شود نتیجه مورد نظر تحت تأثیر خطاهای آن مدل قرار گیرد. این خطاها ممکن است به دلیل نامناسب بودن مجموعه داده‌های آموزشی یا استفاده از الگوریتم‌های آموزشی نامناسب و یا پیکربندی نامناسب HMM به وجود آیند.

موضوع، استفاده از یک مقدار آستانه به‌عنوان مرز بین درخواست‌های HTTP نرمال و غیرنرمال می‌باشد. مقدار آستانه در فاز آموزش و به‌صورت آزمون و خطا به دست می‌آید و برای درخواست‌های HTTP که نزدیک به مرز دسته‌بندی قرار دارند، به خوبی عمل نمی‌کند و

1- False Negative
2- False Positive

باعث افزایش خطای سیستم می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌کنید نقاطی از دو دسته نرمال و غیرنرمال که به ترتیب با نقطه و ضربدر مشخص شده‌اند، توسط یک خط از یکدیگر جدا شده‌اند که این خط مرز تصمیم‌گیری نامیده می‌شود. در این میان نقاطی که در نزدیکی مرز تصمیم‌گیری و در ناحیه‌ای به نام ناحیه خاکستری خاکستری قرار گرفته‌اند، کاندیدهای اصلی خطاها می‌باشند، به طوری که حتی کوچکترین تغییر در الگوهای نرمال سبب افزایش نرخ مثبت کاذب می‌شود. این وضعیت دارای ریسک بالایی می‌باشد؛ زیرا با حجم بسیار بالای ترافیک درخواست‌های HTTP ممکن است تعداد زنگ خطرهای اشتباه افزایش یابد. از طرفی دیگر حملات ضعیفی^۱ که در نزدیکی این مرز قرار دارند ممکن است به‌عنوان درخواست HTTP نرمال شناخته شوند.



شکل (۱): دسته‌بندی دو الگو نرمال و غیر نرمال: نقاط نزدیک به مرز تصمیم‌گیری که در ناحیه‌ای بین دو خط بریده شده قرار دارند (ناحیه خاکستری)، کاندیدهای اصلی خطاهای تشخیص می‌باشند.

در ادامه دو تکنیک استفاده شده در این کار که باعث افزایش دقت و کاهش خطای تشخیص بی‌نظمی در درخواست‌های HTTP می‌شود، بیان می‌گردد که عبارتند از سیستم‌های دسته‌بندی کننده چندگانه و مرز نرم.

۳-۱- سیستم‌های دسته‌بندی کننده چندگانه

سیستم‌های دسته‌بندی کننده چندگانه (MCS)^۲ در مسائل تشخیص الگو به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند، به طوری که نسبت به سیستم‌های تک‌دسته بندی کننده دقت بیشتری را از خود نشان داده‌اند. دلایل این امر را می‌توان در [۴، ۳] مشاهده نمود. یک MCS می‌تواند یک گروه دسته‌بندی‌کننده^۳، یک سیستم دسته‌بندی‌کننده مرکب، یک سیستم‌های خبره چندگانه و ... باشد. هر چند یک گروه دسته‌بندی‌کننده دارای دقت بیشتری نسبت به یک دسته‌بندی‌کننده در دسته‌بندی می‌باشد، اما باید در نظر داشت که این افزایش دقت باعث افزایش پیچیدگی سیستم نیز می‌گردد. بنابراین باید بین افزایش پیچیدگی و افزایش دقت تعادل برقرار نمود تا سیستمی دقیق و نه چندان پیچیده‌ای حاصل شود.

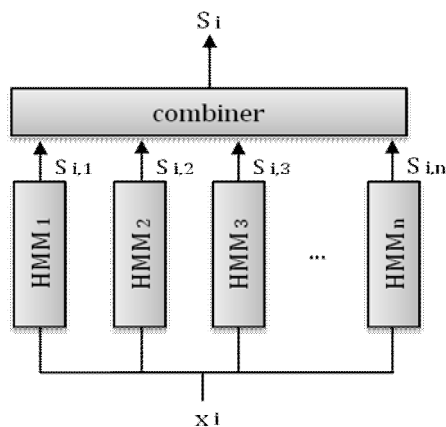
به طور کلی یک MCS توسط مجموعه‌ای از دسته‌بندی‌کننده‌های متمایز، تصمیماتی را استخراج می‌کند و با ترکیب آن‌ها به دسته‌بندی دقیق‌تری دست می‌یابد. بر اساس [۱۲] حداقل به

2- Multiple Classifier System
3- Classifier ensemble

1- Fake attack

دسته‌بندی کننده استفاده می‌شود و ورودی x_i به هر یک از HMM‌های درون این گروه ارسال خواهد شد. $H = \{HMM_j\}$ شامل n HMM می‌باشد که هر HMM_j خروجی S_{ij} را تولید می‌کند. سپس با ترکیب خروجی‌های هر یک از HMM‌ها توسط یک ترکیب‌کننده، خروجی نهایی S_i تولید می‌شود.

دو نوع استراتژی‌های ترکیب متداول ادغام^۲ و انتخاب می‌باشند که در ادامه راهکار ادغام که در این کار مورد استفاده واقع شده است، توضیح داده خواهد شد.



شکل (۲): الگوی MCS. ورودی x_i به هر HMM تزریق شده و خروجی آن‌ها توسط یک ترکیب‌کننده به خروجی مورد نظر تبدیل می‌شود.

ادغام: در این روش فرض شده است که هر عضو گروه دارای دانشی در مورد کل فضای ویژگی می‌باشد. خروجی‌های حاصل از هر دسته‌بندی‌کننده که در یک گروه دسته‌بندی‌کننده قرار دارد، برای تولید یک خروجی ادغام می‌شوند. تعداد زیادی از توابع ادغام وجود دارند که هر کدام طرفداران و منتقدانی دارند. در

یکی از دلایل ذیل به جای یک دسته‌بندی‌کننده از گروهی از دسته‌بندی‌کننده‌ها استفاده می‌شود:

۱- محاسباتی: در خیلی از موارد آموزش بهینه یک دسته‌بندی‌کننده، یک مسئله NP می‌باشد. از این رو اکثر الگوریتم‌های یادگیری جستجوی تصادفی استفاده می‌کنند و در پی یافتن یک حد مطلوب محلی می‌باشند. این حد مطلوب محلی به نقطه شروع فرایند یادگیری بستگی دارد. بنابراین اگر فرایند یادگیری هر دسته‌بندی‌کننده از نقاط متمایزی شروع کند، می‌توان با ترکیبی از دسته‌بندی‌کننده‌ها به تقریبی نزدیک به یک دسته‌بندی‌کننده بهینه دست یافت.

۲. آماری: اگر از مجموعه‌ای از

دسته‌بندی‌کننده‌ها روی یک مجموعه آموزشی استفاده کنیم و خروجی همه آن‌ها را با هم ترکیب کنیم (مانند میانگین خروجی‌ها) آنگاه خطر ناشی از اشتباه و ضعف یک دسته‌بندی‌کننده کاهش می‌یابد.

۳. بازنمایی: گاهی آموزش و استفاده از یک

دسته‌بندی‌کننده که برای حل یک مسئله بسیار مناسب و دقیق می‌باشد، پیچیده و گران است. از این رو به‌کارگیری گروهی از دسته‌بندی‌کننده‌های ساده که می‌توان با ترکیب آن‌ها به دقت دلخواهی دست یافت، گزینه مناسبتری برای حل آن مسئله باشد.

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌کنید، در این کار از چندین HMM به‌عنوان یک گروه

اینجا قوانین بزرگترین، کوچکترین، میانگین و میانگین هندسی نشان داده شده است:

$$S_i^* = \max \{S_{ij}\} \quad \text{قانون بزرگترین:}$$

$$S_i^* = \min \{S_{ij}\} \quad \text{قانون کوچکترین:}$$

$$S_i^* = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_{ij} \quad \text{قانون میانگین:}$$

$$S_i^* = \left[\prod_{j=1}^N S_{ij} \right]^{\frac{1}{N}} \quad \text{قانون میانگین هندسی:}$$

قوانین ایستای بالا، حتی با وجود سادگی‌شان در تشخیص الگو بسیار مؤثر واقع شده‌اند. هرچند قوانین ترکیب توام با روش‌های آموزشی نتایج بهتری را ارائه می‌دهند؛ اما به دو دلیل زیر از قوانین ایستا استفاده می‌شود: سرعت قوانین ایستا در محاسبات و پیچیدگی ساخت یک ترکیب کننده آموزشی. در این کار از قانون بزرگترین استفاده شده است.

۲.۳. مرز نرم^۱

یکی از مهمترین وظایف تشخیص بی‌نظمی، تعیین مرز بین رفتار نرمال و غیرنرمال اشیای نظارت شده می‌باشد. اگر این مرز به‌خوبی تعریف شود، آنگاه سیستم تشخیص نفوذ در کشف حمله‌ها بهتر عمل می‌کند؛ اما به‌دلیل همپوشانی که بین رفتار نرمال و غیرنرمال وجود دارد سیستم دچار خطا می‌شود. این مرز را می‌توان به دو دسته‌ی، مرز سخت و مرز نرم تقسیم کرد. مرز سخت به صورت شرایط کلاسیک قطعی بیان می‌شود که نمونه‌ای از آن

مقدار آستانه می‌باشد. در مقابل مرز نرم را می‌توان توسط قوانین و مجموعه‌های فازی نمایش داد. یکی از تکنیک‌های محاسبات نرم در تشخیص بی‌نظمی منطق فازی می‌باشد که در [۱۰] به آن پرداخته شده است. تشخیص بی‌نظمی مبتنی بر مرز نرم، یا بویژه مبتنی بر مجموعه‌ها و قوانین فازی، بنا به دلایل زیر نتایج بهتری ارائه می‌دهد:

الف. از آنجایی که نرمال یا غیرنرمال بودن، مفهوم قطعی نمی‌باشد، تعریف یک مرز سخت باعث می‌شود که تمایز تیزی^۲ بین نرمال و غیرنرمال بودن ایجاد شود. بنابراین طبیعی است که باید از مجموعه‌های فازی برای تعریف مرز نرم استفاده کرد [۱۶، ۱۵].

در منطق فازی، میزان نرمال بودن توسط درجه ی normalcy و همچنین میزان غیر نرمال بودن توسط درجه abnormalcy مشخص می‌شود.

ب. سیستم تشخیص بی‌نظمی مبتنی بر استنتاج فازی، می‌تواند ورودی‌های دریافتی از چندین منبع را ترکیب کند که این امر سبب بهبود کارایی تشخیص می‌شود [۱۵].

۴. سیستم تشخیص نفوذ پیشنهادی

شمای کلی از این سیستم را می‌توانید در شکل ۳ مشاهده نمایید. به‌طور کلی، سیستم‌های تشخیص بی‌نظمی مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری ماشین در دو فاز یادگیری و تست (عملیاتی) توسعه داده می‌شوند و این کار نیز خارج

از این قاعده نمی‌باشد. در فاز یادگیری، مدل‌ها و ماژول‌های سیستم با توجه به داده‌های آموزشی که در این کار درخواست‌های HTTP نرمال می‌باشند، پیکربندی می‌شوند. در فاز تست، سیستم ساخته شده با توجه به داده‌های عملیاتی که شامل درخواست‌های HTTP نرمال و غیرنرمال می‌باشد، ارزیابی می‌شود. این سیستم برای مدلسازی دنباله‌ای از صفات و مقادیر نسبت داده شده به هر صفت، که توسط برنامه کاربردی تحت وب دریافت می‌شود، از مدل‌های مخفی مارکوف استفاده می‌کند. برای هر برنامه کاربردی تحت وب در این سیستم یک ماژول ساخته می‌شود که شامل چندین گروه HMM می‌باشد.

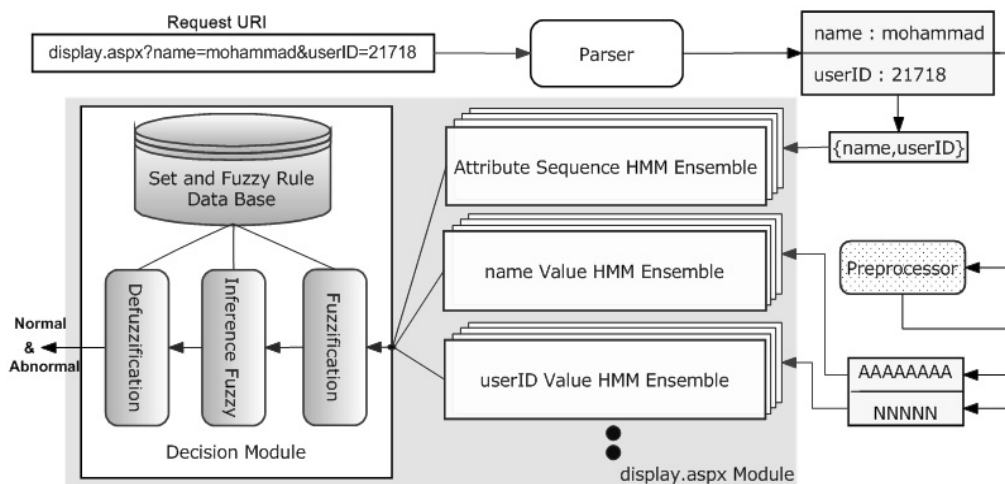
هر گروه HMM برای مدلسازی هر ویژگی استخراج شده از درخواست‌های HTTP، آموزش داده می‌شود. مقدار احتمالی حاصل از HMM‌های

درون یک گروه HMM ترکیب شده و خروجی نهایی مورد نظر شکل می‌گیرد. سپس با فازی‌سازی خروجی هر گروه HMM، فرایند استنتاج و تصمیم‌گیری آماده اجرا می‌شود. در فرایند استنتاج، موتور استنتاج با به‌کارگیری قوانین و مجموعه‌های فازی که با توجه به برنامه کاربردی تحت وب شکل می‌گیرند، نرمال و غیرنرمال بودن درخواست HTTP را مشخص می‌کند. در ادامه سیستم پیشنهادی به‌طور کامل شرح داده می‌شود.

۴-۱ استخراج ویژگی‌ها و ارزش هر ویژگی

این کار، روی دو ویژگی مهم درخواست‌های HTTP تمرکز دارد که عبارتند از:

۱. دنباله صفات که دارای ترتیب مشخصی می‌باشد.
۲. مقدار نسبت داده شده به هر صفت.

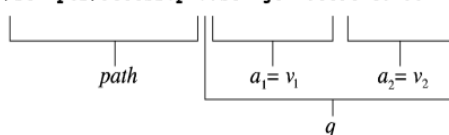


شکل (۳): شمای کلی از سیستم پیشنهادی. ابتدا تجزیه کننده ویژگی‌های مورد نظر را از URI ارسال شده استخراج کرده و مقادیر هر صفت، ساده و به گروه‌های HMM مربوطه ارسال می‌شود. HMM‌های هر گروه، مقدار احتمالی نرمال بودن را ارزیابی می‌کنند. سپس با ادغام این مقادیر، خروجی هر گروه HMM شکل می‌گیرد. در نهایت خروجی‌ها توسط ماژول تصمیم‌گیری به‌کار گرفته می‌شوند تا رأی نهایی مبنی بر نرمال یا غیرنرمال بودن URI مورد نظر صادر شود.

در این کار از HMM به عنوان ابزار مدل سازی استفاده شده است که وظیفه آن مدل سازی ویژگی های استخراج شده از هر درخواست HTTP می باشد. فرض کنید پرس و جویی مانند name=Mohammad&userID=21718 وجود دارد، آنگاه این پرس و جو دارای دنباله صفات

<name,userID> می باشد که باید توسط مدل مخفی مارکوف تحلیل شود. از طرفی مقدار هر یک از این صفات نیز باید برای ارزیابی به مدل مخفی مارکوف مربوطه ارسال شود. برای درک بهتر مسئله بیش از هر چیز ابتدا در مورد مدل داده ای استفاده شده در این کار مختصری شرح داده می شود.

169.229.60.105 - johndoe [6/Nov/2002:23:59:59 -0800] "GET /scripts/access.pl?user=johndoe&cred=admin" 200 2122



شکل (۴): ساختار درخواست HTTP. هر درخواست HTTP شامل یک مسیر و یک پرس و جو می باشد و هر پرس و جو شامل پارامترهای می باشد که به صورت لیستی از از زوج های صفت و مقدار در آن ظاهر می شود.

مدل داده ای: ورودی سیستم پیشنهادی، مجموعه ای از URI های دریافت شده توسط سرور وبی می باشد که برنامه کاربردی تحت وب مورد نظر را میزبانی می کند که می توان آنها را به صورت $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ نشان داد. یک URI مانند U_i شامل مسیر مربوط به منبع مورد نظر $(path_i)$ ، مسیر انتخابی به یک مؤلفه اطلاعاتی $(info_i)$ و یک رشته پرس و جو $^1(q_i)$ می باشد. از میان قسمت های ذکر شده رشته پرس و جو بیشتر تحت تأثیر حملات قرار می گیرد. شکل ۴، درخواست HTTP را نشان می دهد که در گزارش ثبت وقایع یک سرور وب قرار دارد. همان طور که در شکل (۴) مشاهده می کنید، رشته پرس و جو بعد از کاراکتر "?" قرار می گیرد که شامل لیست

مرتبی از زوج های صفت^۲ و مقدار^۳ می باشد که توسط کاراکتر "&" از یکدیگر تفکیک شده اند. این لیست در واقع پارامترهای ارسال شده به برنامه کاربردی مورد نظر می باشد. در نتیجه پرس و جو را می توان به صورت $q = \{(a_1, v_1), (a_2, v_2), \dots, (a_n, v_n)\}$ نشان داد، که در آن $a_j \in A$ می باشد و A مجموعه همه صفات مربوط به برنامه کاربردی تحت وب مورد نظر و v_i یک مقدار رشته ای می باشد. نکته مهم دیگر این است که هر پرس و جو شامل مجموعه ای از پارامترها با ترتیب مشخصی می باشد، یعنی $S_{a_i} = \{a_j, \dots, a_k\}$ از طرفی هر برنامه کاربردی نیز پرس و جوهای مشخصی را می پذیرد. درخواست

2- attribute
3- value

1- query

HTTP نشان داده شده در شکل (۴) دارای زیر مجموعه‌ای از صفات می‌باشد که با نظم مشخصی در پرس‌وجو قرار گرفته‌اند: $\{a_1, a_2\}$

اگر از نگاهی بالاتر به برنامه کاربردی تحت وب بنگرید، می‌بینید که هر برنامه کاربردی تحت وب دارای تعداد مشخصی از درخواست‌های HTTP می‌باشد. از طرفی هر درخواست HTTP نیز شامل صفاتی با تعداد و نظم مشخصی است که هر یک ارزش امنیتی خاص خود را دارد. برای مثال در پرس‌وجوی بالا صفت UserID نسبت به صفت Name ارزش امنیتی بالاتری دارد. البته این امر به برنامه کاربردی تحت وب مورد نظر بستگی دارد. هر یک از این ویژگی‌ها با توجه به ارزشی که دارند، نقش خود را در فرآیند تصمیم‌گیری ایفا می‌کنند. مقدار این ارزش با توجه به برنامه کاربردی مورد نظر مشخص می‌شود. در نهایت ویژگی‌های استخراج شده از درخواست های HTTP باید به‌طور ساده‌تری در اختیار ماژول مدلسازی قرار گیرند. برای این امر باید بین کاراکترهای الفبا-عددی و غیرالفبا-عددی تفاوت قائل شد. به‌همین منظور تمامی کاراکترهای الفبایی به کاراکتر A و کاراکترهای عددی به کاراکتر N تبدیل می‌شوند و کاراکترهای دیگر دست نخورده باقی می‌مانند. برای مثال پرس‌وجوی بالا به `name=AAAAAAAA&userID=NNNNN` تبدیل می‌شود که این کار در ماژول پیش‌پردازش‌گر انجام می‌گیرد.

۴-۲- ماژول مدلسازی

برای هر برنامه کاربردی که روی سرور وب قرار دارد یک ماژول ساخته می‌شود. این ماژول شامل ماژول‌های مدلسازی و تصمیم‌گیری می‌باشد. در ماژول مدلسازی برای هر ویژگی قابل مدلسازی از یک گروه HMM استفاده می‌شود که هر HMM داخل این گروه در فاز یادگیری برای مدلسازی ویژگی مربوطه آموزش داده می‌شود. سپس خروجی هر یک از این HMMها با استفاده از یک تکنیک ترکیب مانند ادغام، به خروجی که نتیجه نهایی گروه HMM می‌باشد، تبدیل می‌شود. در ضمن باید به این نکته توجه کرد که تکنیک‌های دسته‌بندی‌کننده چندگانه پیچیده و گران هستند و باید با توجه به ارزشی که هر ویژگی دارد، پیچیدگی گروه HMM مربوط به آن را کنترل کرد. برای مثال تعداد HMMهایی که در گروه مربوط به مقدار صفت UserID قرار می‌گیرد بیشتر از تعداد HMMهای گروه مربوط به مقدار صفت name می‌باشد.

ساخت گروه HMM: در اینجا دو مسئله از سه مسئله HMM بررسی می‌شود: یکی مسئله یادگیری (در طول فاز یادگیری) و دیگری مسئله ارزیابی می‌باشد. در این‌کار از الگوریتم Baum-Welch که در [۸] آمده است برای آموزش HMM استفاده می‌شود. کارایی HMM به پارامترهایی چون تعداد حالات، حالت ابتدایی، ماتریس توزیع سیمبل و ماتریس گذرحالت وابسته می‌باشد. از آنجایی که ارزیابی پارامترهای HMM به بهترین

که k تعداد کل HMM های درون یک گروه HMM می‌باشد. به راحتی می‌توان دید که وقتی از قانون ترکیب بزرگترین استفاده می‌شود یعنی:

$$\text{Output} = \max \{ P(s|m_i) \}, i \in [1,k]$$

که خروجی متناسب با $\max \{ p(m_i | s) \}, [1,k]$ می‌باشد (جمله $p(s)$ یک ثابت می‌باشد). بنابراین با استفاده از قانون بزرگترین، می‌توان مدلی را انتخاب نمود که بهترین توصیف ممکن را از دنباله‌های تحلیل شده به منظور محاسبه احتمال دنباله دارد. این امر در واقع دلیل اصلی استفاده از گروه HMM می‌باشد؛ به عبارت دیگر برای مدلسازی بهتر کل مجموعه دنباله‌های آموزشی از تنوع^۳ چندین HMM بهره برده می‌شود.

۳-۴- ماژول تصمیم‌گیری

ورودی‌های ماژول تصمیم‌گیری، خروجی‌های گروه‌های HMM استفاده شده در ماژول مدلسازی می‌باشد. هر خروجی، مقدار احتمالی می‌باشد که میزان نرمال بودن یک درخواست HTTP را با توجه به ویژگی‌های آن مشخص می‌کند. این ماژول با استفاده از قوانین فازی، خروجی را استنتاج می‌کند که نرمال یا غیرنرمال بودن آن درخواست HTTP را نشان می‌دهد. شکل (۳) این ماژول را نشان می‌دهد که دارای سه مرحله فازی سازی، استنتاج و غیرفازی سازی می‌باشد. در ادامه این ماژول شرح داده می‌شود.

نحو در واقع یک هنر است تا یک دانش، از یک گروه HMM استفاده می‌شود تا کمبود دانش جبران شود. در این کار یک گروه از تعداد حالت مساوی برای هر HMM درون یک مجموعه استفاده می‌شود. این تعداد برابر با میانگین طول دنباله‌های آموزشی می‌باشد (استفاده از گرد کردن به سمت عدد صحیح بزرگتر). طول یک دنباله توسط تعداد سیمبل مختلف درون دنباله مشخص می‌شود. برای مثال در دنباله $\{a,b,c,b,c\}$ سه سیمبل مختلف دیده می‌شود که a,b,c می‌باشد. در نتیجه حالات، متناظر با عناصر درون دنباله تحلیل شده می‌باشد. هم ماتریس گذر حالت و هم ماتریس توزیع سیمبل‌ها در ابتدا به صورت تصادفی مقداردهی اولیه می‌شوند. سیستم ساخته شده شامل تعداد زیادی HMM می‌باشد و برای مدلسازی ساختار ماتریس‌ها از دانش قبلی^۱ استفاده می‌شود که البته ممکن است به زمان و تلاش زیادی نیاز باشد.

ترکیب خروجی‌های HMM: راه‌حل‌های

مشخصی برای ترکیب خروجی‌های HMM درون یک مجموعه وجود دارد. به ازای یک دنباله ورودی مفروض S ، خروجی نامین HMM، m_i نامیده می‌شود که به صورت زیر بیان می‌شود:

$$P(s|m_i) = P(m_i|s) P(s) / p(m_i)$$

برای همه مدل‌ها از یک احتمال پیشین^۲ یکسان استفاده می‌شود:

$$[1,k] i \in , \forall = c P(m_i)$$

1- apriori knowledge
2-apriori probability

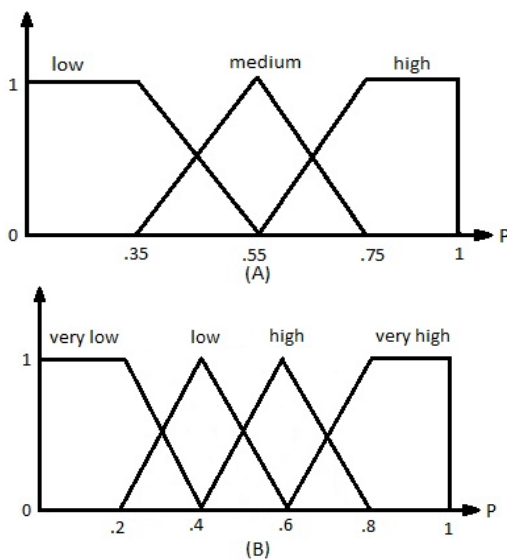
۴-۳-۱- ساخت مجموعه‌های فازی

مجموعه‌های فازی در این سیستم با توجه به برنامه کاربردی تحت وب و به صورت غیرعلمی و از روی مشاهدات ساخته می‌شود. هر ویژگی استخراج شده از درخواست‌های HTTP با توجه به ارزش امنیتی که دارد، مجموعه فازی‌های مربوط به خود را دارد. برای مثال فرض کنید درخواست HTTP به صورت ذیل وجود داشته باشد:

`display.aspx?name=mohamamd&userID=2345`

سه ویژگی قابل مدلسازی در این درخواست مشاهده می‌شود که هر کدام ارزش خاص خود را دارد که عبارتند از دنباله صفات $\{name, userID\}$ ، مقدار صفات، `name` و `userID` که ارزش امنیتی هر یک به تریبی که گفته شد، کاهش می‌یابد. برای مثال ارزش ویژگی دنباله صفات از مقدار صفت `userID` بیشتر است. برای ویژگی دنباله صفات چهار مجموعه فازی وجود دارد که عبارتست از `very low`، `low`، `high` و `very high` که نشان‌دهنده احتمال حاصل از گروه HMM دنباله صفات می‌باشد. برای ویژگی مقدار صفت `userID` سه مجموعه `low`، `medium` و `high` وجود دارد که احتمال حاصل از گروه HMM مربوط به مقدار صفت `userID` را نشان می‌دهد. شکل ۵ نمایش گرافیکی از توابع عضویت مجموعه‌های فازی دو ویژگی ذکر شده را نشان می‌دهد. به همین ترتیب مجموعه‌های فازی دیگر

برای هر ویژگی با توجه به ارزش امنیتی‌شان ساخته می‌شوند.



شکل (۵): نمایش گرافیکی توابع عضویت مجموعه‌های فازی شکل A توابع عضویت سه مجموعه فازی ویژگی مقدار صفت `userID` و شکل B توابع عضویت چهار مجموعه فازی ویژگی ترتیب صفات را نشان می‌دهد، محور P مبین احتمال خروجی یک گروه HMM می‌باشد.

۴-۳-۲ ساخت قوانین فازی

هر برنامه کاربردی تحت وب، قوانین فازی مربوط به خود را دارد که این قوانین با توجه به ویژگی‌های استخراج شده و ارزش امنیتی هر یک ساخته می‌شوند. برای نمونه در مثالی که در قسمت قبلی ذکر شد، برای یک درخواست HTTP، اگر احتمال مناسبی برای `name` و `userID` به دست آید، اما مقدار احتمال به دست آمده برای دنباله صفات نامناسب باشد، آنگاه درخواست HTTP، غیرنرمال می‌باشد. یا اگر مقدار احتمال به دست آمده برای دنباله صفات و `userID` کافی باشد و مقدار احتمالی به دست آمده برای `name`

نامناسب باشد، درخواست HTTP به صورت نرمال برچسب زده می‌شود. سپس با توجه به این فرضیات قوانین مورد نیاز ساخته می‌شود. برای مثال:

low THEN URI IS IF attrSeq IS abnormal.
IS medium IF attrSeq IS high AND userID AND name IS low THEN URI IS normal.

۳-۴-۳- فرایند استنتاج

در مرحله فازی سازی مقادیر احتمالی کلاسیک ورودی به مقادیر فازی که معمولاً مجموعه‌های فازی می‌باشند تبدیل می‌شود. دو وظیفه مهمی که در این مرحله انجام می‌شود، تبدیل مقادیر احتمالی کلاسیک به مقادیر فازی به فرم مجموعه‌های فازی و به‌کارگیری توابع عضویت برای محاسبه درجه درستی هر مجموعه فازی انطباق یافته می‌باشد. در مرحله غیرفازی سازی، مقادیر فازی به مقادیر حقیقی مورد نیاز تبدیل می‌شود که می‌تواند یکی از دو مقدار نرمال و غیرنرمال باشد. تکنیک‌های غیرفازی‌ساز زیادی وجود دارد، مانند غیرفازی‌ساز ماکزیمم، غیرفازی‌ساز مرکز ثقل و غیرفازی‌ساز میانگین مراکز. در این کار از غیرفازی‌ساز ماکزیمم استفاده شده است. در مرحله استنتاج فازی، قوانین فازی ایجاد شده که در پایگاه قوانین فازی قرار می‌گیرند، برای تولید خروجی، بر روی ورودی‌هایی که از قبل ارزیابی شده‌اند، به‌کار گرفته می‌شوند. بدین منظور بعد از این‌که هر مقدمه ارزیابی گردید، توسط AND و OR ترکیب شده و به ترتیب کمترین و بیشترین

درجه، به عنوان ارزیابی بخش مقدمه تلقی می‌شود.

۵- آزمایش‌ها و ارزیابی سیستم پیشنهادی

برای ارزیابی سیستم پیشنهادی از دوازده برنامه کاربردی استفاده شده است که تعداد چهار برنامه از آن‌ها مربوط به عملیات ثبت نام و ورود به سیستم می‌باشد و مابقی، سرویس‌های عمومی مانند نمایش، جستجو و ... را ارائه می‌دهند. این برنامه‌های کاربردی در سروری با پردازنده Intel Core i7، حافظه اصلی ۶ گیگا بایتی، حافظه نهان ۶ مگابایتی، سیستم عامل ویندوز سرور ۲۰۰۸ و IIS نسخه ۶ میزبانی می‌گردد. مجموعه پرس و جوهای مورد نیاز، از جدول ثبت وقایع سرور مورد نظر جمع‌آوری می‌گردد. این مجموعه شامل هشتاد هزار درخواست HTTP نرمال می‌باشد که از دانشجویان سه دانشگاه در دوره یک ماهه جمع‌آوری شده است. حدود چهار درصد از این درخواستها مربوط به چهار برنامه کاربردی ابتدایی و ما بقی مربوط به برنامه‌های کاربردی دیگر می‌باشد. سیستم تشخیص نفوذ پیشنهادی برای هر برنامه کاربردی دارای یک ماژول می‌باشد که هر ماژول با توجه به ویژگی‌های استخراج شده از درخواستهای HTTP ارسال شده به برنامه کاربردی مورد نظر دارای چندین گروه HMM می‌باشد و هر گروه HMM با توجه به ارزش امنیتی ویژگی استخراج شده دارای تعداد مشخصی HMM می‌باشد. به‌عنوان مثال، برای برنامه کاربردی

display.aspx، یک ماژول به نام display ساخته می‌شود. این ماژول دارای سه گروه HMM می‌باشد که مربوط به ویژگی‌های دنباله صفات، مقدار صفت name و مقدار صفت UserID می‌باشد. گروه HMM مربوط به مقدار صفت UserID دارای هشت HMM می‌باشد و گروه HMM مربوط به مقدار صفت Name دارای چهار HMM می‌باشد. برای راحتی کار تعداد حالات HMMهای درون یک گروه، مساوی در نظر گرفته می‌شود. مجموعه داده آموزشی به پنج قسمت تقسیم می‌شود و هر مجموعه HMM توسط یک قسمت از آن‌ها آموزش داده و توسط قسمت‌های دیگر ارزیابی می‌شود. برای ارزیابی سیستم پیشنهادی به درخواست‌های HTTP غیرنرمال و حمله‌ای نیز نیاز می‌باشد. برای جمع‌آوری مجموعه درخواست‌های HTTP غیرنرمال از حمله‌ها و کدهای مخرب انتشار یافته در [۱۹]، ۱۵ حمله XSS، ۱۵ حمله Code Injection و ۱۵ حمله SQL Injection انتخاب شده و به همراه ۵۰۰ درخواست HTTP نرمال، مجموعه آزمایشی را تشکیل می‌دهند.

بدون توجه به اینکه در یک سیستم تشخیص نفوذ از چه الگوریتمی استفاده می‌شود، می‌توان آن‌را به صورت یک جعبه سیاه مدل کرد که یک شیء را از یک منبع خاصی دریافت می‌کند و مشخص می‌کند که آیا حمله‌ای رخ داده است یا خیر. منبع آن شیء می‌تواند یک شبکه یا هر چیز دیگری باشد. اولین چیزی که در ارزیابی یک سیستم تشخیص نفوذ مهم می‌باشد این است، که

چقدر از این اشیاء به صورت درست برچسب خورده‌اند و چقدر از آنها نادرست به‌طور رسمی‌تر، حمله‌ها معمولاً به‌صورت کلاس مثبت و اشیاء نرمال به‌صورت کلاس منفی شناخته می‌شوند؛ در نتیجه می‌توان چهار تعریف مهم ذیل را به‌عنوان ملاکی برای ارزیابی سیستم‌های تشخیص نفوذ دانست:

۱. **مثبت صحیح:** شامل حمله‌ای می‌باشد که توسط سیستم تشخیص نفوذ به‌درستی کشف شده است. در واقع نمونه‌ای از یک کلاس مثبت می‌باشد که درست برچسب خورده است.

۲. **مثبت کاذب:** شامل شیء نرمالی می‌باشد که سیستم تشخیص نفوذ آن‌را به‌طور اشتباه به عنوان یک حمله شناسایی کرده است.

۳. **منفی صحیح:** شیء نرمالی است که به‌درستی برچسب خورده و در کلاس منفی دسته‌بندی شده است.

۴. **منفی کاذب:** حمله‌ای است که توسط سیستم تشخیص نفوذ کشف نشده است و آن‌را جز کلاس منفی قرار داده است؛ بنابراین به‌نادرستی برچسب خورده است.

با توجه به تعاریف بالا می‌توان از جملات ارزیابی ذیل به‌منظور سنجش کارایی سیستم پیشنهادی استفاده نمود:

$$\text{تعداد اشیاء منفی که به نادرستی دسته‌بندی شده‌اند} \\ \text{نرخ مثبت کاذب} = \frac{\text{تعداد کل اشیاء کلاس منفی}}{\text{تعداد کل اشیاء کلاس منفی}}$$

$$\text{نرخ کشف} = 1 - \text{نرخ منفی کاذب}$$

$$\text{تعداد اشیاء مثبتی که به نادرستی دسته‌بندی شده‌اند} \\ \text{تعداد کل اشیاء کلاس مثبت} = \text{نرخ منفی کاذب}$$

بنابراین ابتدا به ارزیابی نرخ کشف و سپس به ارزیابی نرخ مثبت کاذب با داشتن حداکثر نرخ کشف پرداخته می‌شود. نتایج این ارزیابی را می‌توانید در شکل (۶) و جدول (۱) مشاهده نمایید. در نهایت چندین ماژول تصمیم‌گیری با قوانین و مجموعه‌های فازی مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که نتایج آن در جدول (۱) نشان داده شده است.

برای ارزیابی نرخ کشف دو سیستم یکی با یک HMM و دیگری با یک گروه HMM برای هر ویژگی در هر ماژول مدلسازی مورد آزمایش

قرار می‌گیرند. همان‌طور که در شکل ۶ می‌بینید، با توجه به بیشترین مقدار آستانه، سیستم با مجموعه HMM، با کشف ۴۴ حمله از ۴۵ حمله مجموعه آزمایشی نسبت به سیستم با یک HMM که موفق به کشف ۳۹ حمله شد، ROC بهتری دارد؛ اما در بین ۵۰۰ درخواست HTTP نرمال، ۷ درخواست در سیستم اول و ۱۰ درخواست در سیستم دوم به اشتباه به‌عنوان حمله شناسایی شده‌اند. در نتیجه به‌ازای بیشترین مقدار آستانه هر چند نرخ کشف بسیار مناسب می‌باشد، اما نرخ مثبت کاذب در هر دو سیستم نامناسب بوده و باعث کاهش دقت سیستم شده است.

جدول (۱): نتایج ارزیابی سیستم پیشنهادی با مجموعه‌ها و قوانین فازی مختلف در هر ماژول تصمیم‌گیری: سیستم اول با کشف ۳۸ حمله به‌طور صحیح و ۶۱ حمله به‌طور نادرست، دارای بدترین نتیجه و سیستمی که در سطر چهارم قرار دارد با کشف ۴۴ حمله صحیح و ۱۰ حمله نادرست دارای بهترین نتیجه می‌باشد. می‌توان به‌سادگی مشاهده نمود که با افزایش دقت مجموعه‌ها و قوانین فازی، نرخ مثبت کاذب به‌طور قابل توجهی کاهش یافته و درخواست‌های غیرنرمال بیشتری کشف می‌شود.

نرخ مثبت کاذب	نرخ کشف	ماژول تصمیم‌گیری login مجموعه فازی قانون فازی
٪۱۲	٪۸۴.۵	۹ ۵
٪۶.۵	٪۹۳.۴	۱۳ ۸
٪۳.۴	٪۹۵.۶	۱۸ ۱۱
٪۹.۱	٪۹۷.۸	۲۶ ۱۶

البته با افزایش تعداد HMM‌های درون یک گروه HMM، می‌توان به منحنی بهتری دست یافت که این موضوع را می‌توان در [۵] مشاهده نمود. داده‌های نمایش داده شده در جدول (۲) نتایج ارزیابی دو سیستم؛ یکی با ماژول

تصمیم‌گیری فازی و دیگری با ماژول تصمیم‌گیری کلاسیک (مقدار آستانه) را نشان می‌دهد که در هر دو از گروه‌های HMM استفاده شده است. هر دو سیستم طوری پیکربندی شده‌اند که دارای بالاترین نرخ کشف باشند. یعنی

در سیستم با ماژول تصمیم‌گیری کلاسیک، سخت‌گیرانه‌ترین مقدار آستانه انتخاب شده است. مجموعه آموزشی شامل ۵۰۵ درخواست نرمال و ۴۵ درخواست غیرنرمال می‌باشد. سیستم با ماژول تصمیم‌گیری فازی ۴۵ حمله را به درستی شناسایی نمود و فقط ۴ درخواست نرمال را به اشتباه به عنوان حمله برچسب زد؛ اما

سیستم دیگر با شناسایی تمامی حمله‌ها، ۱۶ درخواست نرمال را به طور نادرست تشخیص داد در نتیجه نرخ مثبت کاذب مربوط به سیستمی که، از ماژول تصمیم‌گیری فازی استفاده می‌کند، نسبت به سیستمی با ماژول تصمیم‌گیری کلاسیک، کمتر می‌باشد.

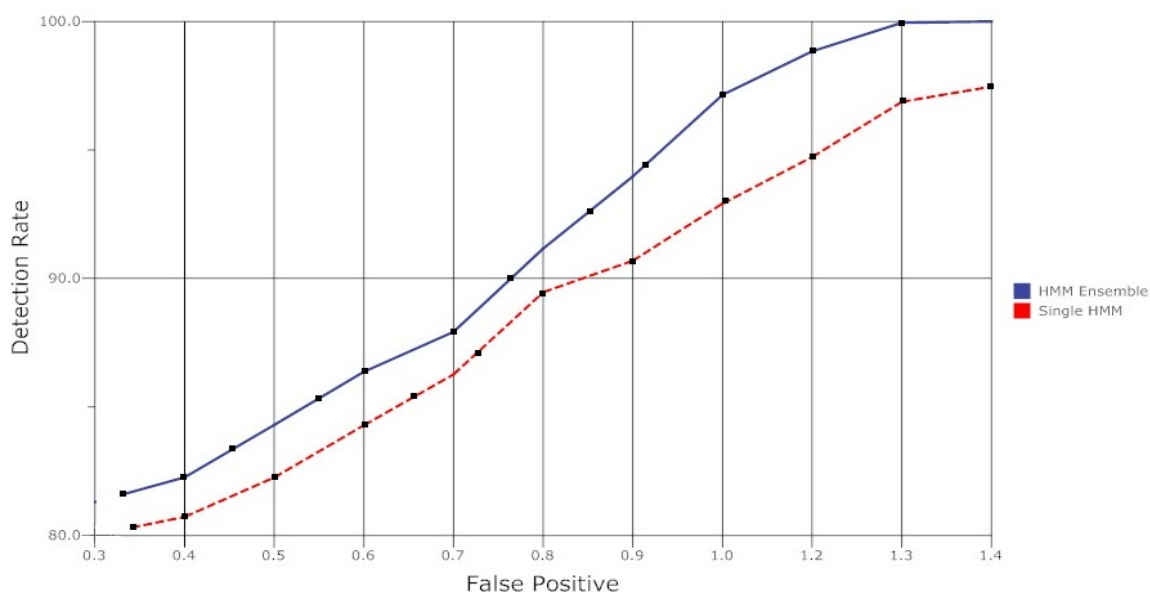
جدول (۲): مقایسه دو سیستم با ماژول‌های تصمیم‌گیری مختلف: در ستون اول سیستم با ماژول تصمیم‌گیری کلاسیک (مقدار آستانه ای) مورد ارزیابی قرار گرفته است و در ستون دوم سیستمی با ماژول تصمیم‌گیری فازی. همان‌طور که مشاهده می‌کنید سیستم با ماژول تصمیم‌گیری فازی با کمترین نرخ مثبت کاذب و حداکثر نرخ کشف دارای نتایج بهتری می‌باشد.

سیستم تشخیص نفوذ	با ماژول تصمیم‌گیری کلاسیک	با ماژول تصمیم‌گیری فازی
تعداد حمله‌های کشف شده	۴۵	۴۵
تعداد درخواست‌های نرمال حمله شناخته شده	۱۶	۴
نرخ کشف	٪۱۰۰	٪۱۰۰
نرخ مثبت کاذب	٪۳.۱۶	٪۰.۷۹

البته باید در نظر داشت که اگر قوانین و مجموعه‌های فازی به خوبی تعریف و انتخاب نشوند، ممکن است نتایج بسیار ضعیف‌تری از خود به جای گذارند. در نهایت، سیستم پیشنهادی با ۴ ماژول تصمیم‌گیری فازی مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرد که در هر ماژول مجموعه‌ها و قوانین فازی مختلفی استفاده شده است. به این منظور سیستم تشخیص نفوذ به برنامه‌کاربردی login محدود شده است. می‌توان در جدول ۲ مشاهده کرد که مجموعه‌ها و قوانین فازی ماژول تصمیم‌گیری مربوط به برنامه

کاربردی login به ترتیب کامل‌تر و دقیق‌تر می‌شوند. البته این تکامل، بدون افزایش پیچیدگی در ماژول تصمیم‌گیری، مجموعه‌ها و قوانین فازی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

نتیجه این پیچیدگی کاهش سرعت سیستم و استفاده بیشتر از منابع می‌باشد. همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌کنید، سیستم با ماژول تصمیم‌گیری که شامل ۲۶ قانون و ۱۶ مجموعه فازی می‌باشد، بهتر عمل می‌کند.



شکل (۶): منحنی ROC برای دو سیستم، یکی با یک HMM و دیگری با چند HMM در هر گروه: در هر دو سیستم ماژول تصمیم‌گیری مقدار آستانه به کار گرفته شده است. به‌ازای بیشترین مقدار آستانه، سیستم با مجموعه HMM با کشف ۴۴ حمله از ۴۵ حمله مجموعه آزمایشی نسبت به دیگر سیستم که ۳۹ حمله را شناسایی کرده است، دارای ROC بهتری می‌باشد؛ اما به دلیل بالا بودن نرخ مثبت کاذب در هر دو سیستم، دقت تشخیص نامناسبی برای آن‌ها رقم خورده است.

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک سیستم تشخیص نفوذ برای کشف حمله‌های مخرب علیه برنامه‌های کاربردی تحت وب معرفی شده است که به‌جای استفاده از یک HMM، از چندین HMM به عنوان یک گروه HMM جهت به‌کارگیری تکنیک MCS برای مدلسازی ویژگی‌های استخراج شده از پرس‌وجوهای ارسال شده به سرور وب استفاده می‌کند؛ به‌طوری که با ادغام خروجی‌های حاصل از HMM‌های یک گروه، به‌دقت بیشتری در مدلسازی و تخمین میزان نرمال بودن ویژگی‌های مزبور دست یابد. از سوی دیگر این سیستم به‌جای استفاده از یک مقدار آستانه جهت تصمیم‌گیری نرمال یا حمله بودن یک درخواست

HTTP، با تولید مجموعه‌ها و قوانین فازی و به‌کارگیری استنتاج فازی، به پایین‌ترین نرخ مثبت کاذب دست یافته‌است. برای این منظور خروجی حاصل از هر گروه HMM که دارای ارزش امنیتی خاص خود می‌باشند، به مقادیر فازی تبدیل می‌شوند. سپس موتور استنتاج با دریافت آن مقادیر فازی و با استفاده از مجموعه‌ها و قوانین فازی که به‌طور دستی ایجاد شده‌اند، نرمال و یا حمله بودن یک درخواست HTTP را مشخص می‌کند. با به‌کار بردن این راهکارها، سیستم پیشنهادی در کشف حمله‌های جدید به عملکرد مناسبی دست می‌یابد و از طرفی با درخواست‌های نرمالی که نزدیک به مرز تصمیم‌گیری می‌باشند، به‌طور انعطاف‌پذیری

برخورد می‌کند و نرخ مثبت کاذب را تا حد قابل قبولی کاهش می‌دهد. طی آزمایش‌های انجام شده در این کار، سیستم پیشنهادی با نرخ مثبت کاذب قابل قبول ۰/۰۰/۷۹ و کشف تمامی حمله‌های موجود در مجموعه آموزشی نسبت به سیستم تشخیص نفوذی که از مقدار آستانه جهت تصمیم‌گیری استفاده کرده (با نرخ مثبت کاذب ۳/۱۶٪)، بهبود یافته است.

به‌عنوان کار آینده، ماژول تصمیم‌گیری را می‌توان طوری پیکربندی نمود که مجموعه‌ها و قوانین فازی نسبت به عملکرد سیستم تحت تأثیر قرار گیرند و با سازماندهی خودکار و یا نیمه خودکار مجدد آنها، بتوان به نتایج بهتری دست یافت. در واقع ماژول تصمیم‌گیری ای شکل گیرد که دارای قابلیت یادگیری باشد.

۷- مراجع

1. Rfc2616, "hypertext transfer protocol," *http/1.1*, pp. 29-30.
2. R. Auger et al, "Web security threat classification," *Web Application Security Consortium*, 2004.
3. I. Corona, G. Giacinto, C. Mazzariello, F. Roli, and C. Sansone, "Information fusion for computer security: State of the art and open issues," *Information Fusion*, Vol. 10, Issue 4, pp. 274-284, 2009.
4. R. Perdisci, D. Ariu, P. Fogla, G. Giacinto, and W. Lee, "Mcpad: A multiple classifier system for accurate payload-based anomaly detection," *Computer Networks, The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, Vol. 53, Issue 3, pp. 864-881, 2009.
5. I. Corona, D. Ariu, and G. Giacinto, "HMM-Web: a framework for the detection of attacks against Web applications," *IEEE international conference on Communications*, Dresden, Germany, 2009.
6. Yong zhong Li, Yang Ge, Xu Jing, and Zhao Bo, "A New Intrusion Detection Method Based on Fuzzy HMM," *ICIEA, IEEE Conference on*, 3rd, pp. 36-39, 2008.
7. L.E. Baum, and J.A. Egon, "An inequality with applications to statistical estimation for probabilistic function of a markov process and to a model for ecology," *Bulletin American Metereology Society*, Vol. 73, No. 3, pp. 360-363, 1967.
8. L.R. Rabiner, "A tutorial on hidden markov models and selected applications in speech recognition," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 77, Issue 2, pp. 257-286, 1989.
9. C. Kruegel, G. Vigna, and W. Robertson, "A multi-model approach to the detection of web-based attacks," *Computer Networks*, Vol. 48, Issue 5, pp. 717-738, 2005.
10. Dau Xuan Hoang, and Minh Ngoc Nguyen, "A program-based anomaly intrusion detection scheme using multiple detection engines and fuzzy inference," *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 32, Issue 6, November 2009.
11. Estevez Tapiador, Garcia Teodoro, and Diaz Verdejo, "Detection of Web-based Attacks through Markovian Protocol Parsing", *10th IEEE Symposium on Computers and Communications*, pp. 457-462, 2005.
12. R.O. Duda, P.E. Hart, and D.G. Stork, "Pattern Classification," *Wiley*, pp. 10-40, 2000.
13. Ajith Abraham, Ravi Jain, "Soft Computing Models for Network Intrusion Detection Systems", *Classification and Clustering for Knowledge Discovery Studies in Computational Intelligence*, Vol. 4, pp. 191-207, 2005.
14. Ghmm: General hidden markov model library, <http://ghmm.org/>, pp. 82.

15. J.E. Dickerson, J. Juslin, O. Koukousoula, and J.A. Dickerson, "Fuzzy Intrusion Detection," *IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference on*, Vol. 3, pp. 1506-1510, Vancouver, Canada, 2001.
16. J. Gomez, F. Gonzalez, and D. Dasgupta, "An Immuno-Fuzzy Approach to Anomaly Detection," *Fuzzy Systems*, 12th IEEE International Conference on, Vol. 2, pp. 1219-1224, 2003.
17. L.A. Zadeh, "Fuzzy sets," in *the Information and Control Journal*, Vol. 8, page 338, 1965.
18. E. Cox, "Fuzzy fundamentals", *Spectrum*, IEEE, Vol. 29, No. 10, page 58, 1992.
19. milw0rm, Web application and HTTP attacks published database, www.milw0rm.com.

Distributed Queue Model for Non Real-Time Traffic Storage in the Future IPv6 Networks

Seyed Reza Kamel Tabbakh Farizani^{*a}

^aDepartment of Computer Software Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Abstract

In the future Internet, due to the extensive Quality of Service (QoS) and traffic/flow management schemes developed for real-time traffics, the packet drops that occur in the non real-time and delay tolerant traffics increase significantly especially over the access networks. Furthermore temporary out of coverage which is common in wireless and mobile networks also leads to early packet drops. This packet drops in turn, cause considerable degradation of performance especially for large packets and over the long paths due to retransmission in upper layer. To address this issue, we propose the Distributed Queue Storage (DQS) for delay-tolerant traffics. This technique utilizes a preconfigured routing loop in order to construct a virtual storage over the queues of all routers in the loop. Therefore instead of early drop, non real-time and delay tolerant traffics can be sent backward or to the neighbor networks which have considerable resources compared to the network which is the next destination of the packet, to be returned to the router with some delay. We present the DQS model and focus on its loop-delay storage dynamic capacity. The parameters that affect this capacity are also discussed. In addition, we show that the loop-delay dynamic capacity only depends on the forwarding rate of the routers and the loop delay.

Keywords :

Dynamic Storage . Distributed Queue . Hop Limit . IPv6 . Routing Loop . Non Real-time Traffic

* Corresponding Author

Department of Computer Software Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
Email: rezakamel@computer.org

1- Introduction

In the future Internet the packet loss/ discard that occurs due to the network errors decreases to a negligible rate especially over the core networks. Many efforts have been made to make the future Internet ultra-fast, reliable and robust to multiple failures [1-3]. However, since the high priority and real-time traffic flows have received significant attention over the past years, it is expected that the purposefully packet drop significantly increases especially over the boundaries of access networks. All of the traffic management and QoS schemes simply force the routers to drop the packets when facing resource constrains or unreachability of the destination. According to these schemes routers generally: (1) discard the packets randomly due to insufficient queue space [4-6], (2) discard low priority and non real-time packets for reserving or dedicating the resources to the packets with higher priority [3, 7, 8], (3) discard the packets according to the traffic shaping algorithms [9, 10], and (4) discard the packets immediately when the destination is unreachable. It is notable that whatever the reason is, most likely the packets belonging to non real-time traffic are chosen to be dropped [11, 12]. On the other hand, if any packet drop occurs even at the end of the delivery path (e.g. an access network near the destination), the content of the IP packet should be retransmitted through the whole path from the source to the destination which is inefficient especially for large packets and long paths. In the literature, there is no policy to send the packet backward or to send it to one of the neighbour networks and receive it later.

In this paper, we propose a novel approach that utilizes a pre-planned routing loop and the network delay in order to temporarily maintain the non real-time and delay tolerant traffics in the network, and prevent them from early drop when routers face resource constrains (which is common in access

networks) or temporary out of coverage (which is common in wireless and mobile networks [13-15]). Furthermore, this technique enables routers and networks to share their resources/memories in the form of Distributed Queue Storage (DQS). Since the DQS performance strongly depends on its storage capacity, we focus on the storage specifications of the proposed technique and its loop-delay dynamic capacity.

The paper is organized into seven sections. In the next section, we provide a brief discussion on the background of the loop-delay storages on the network. In section 3, we discuss specifications and characteristics of the dynamic loop storage, and the parameters affecting it. In section 4, we present the design and implementation of the technique. Evaluating the proposed technique and measuring the dynamic capacity of DQS based on analytical model and simulation results, is the content of section 5. We also compare the results obtained from the analytical model with the results generated from the simulation in section 5. Section 6 discusses the challenges of the work and section 7 concludes the paper and proposes the future direction of the research.

2- Loop-Delay Storage Background

In the area of optical networks several researches have been carried out that utilize the delay and loop in order to form a full optical buffer. These techniques can be categorized into two groups: the first group which focuses on utilizing the loop and delay, and the second group that utilizes the delay by only decreasing the light's propagation speed. In the techniques that utilize the loop and delay in order to construct the storage, instead of converting the optical data to electric pulses, they are temporarily kept in an optical fibre in a closed loop which is called Optical Buffer [16-20]. Specific parameters of Optical Buffer like the capacity, read/write method and storage time have not been standardized yet, however it is one of the great hopes to

achieve the future all-optical switching networks [2, 18]. In the second group, researchers focus on utilizing the delay for storing optical data with decreasing the speed of light which increases the propagation delay[21, 22]. The aim of the reviewed novel researches and other similar efforts is to move toward full-optical switches and routers with is the revolutionary step in performance of the future networks. Therefore these efforts are limited to physical/MAC Layer structures. However, this means that the bed of the loop-delay storage must be coherent and is limited to fiber optic medium. Compared to these efforts, we propose our technique for IP layer. Implementing the distributed loop-delay storage buffer in the IP layer enables the physically heterogeneous networks to easily communicate and share the resources.

2- Distributed Queue Storage (DQS) Scheme

In IP networks, when the destination is not available or when the packet cannot be stored locally, the routers immediately discard the packet [23]. DQS aims to give the routers another choice in these circumstances but only for non-real-time and delay-tolerant traffic flows. DQS can be utilized when: (1) the packet cannot be forwarded to the destination route and (2) the packet cannot be injected to the queue or should be removed from the queue upon arrival of a packet with higher priority (3) the router is located in boundaries of different networks in term of resources.

In DQS, the router that forwards its receiving packets to the loop (we call it initiator router hereafter) keeps on forwarding the packet to the loop (e.g. backward or neighbour networks) until one of the following conditions are met: (1) the initiator router becomes capable of storing the packet locally, (2) the initiator router becomes capable of forwarding the packet to the destination, or (3) the packet expires according to the number of hops it traversed and the time it spent in the loop.

The proposed technique is applicable on both IPv4 and IPv6 networks and we expect identical results from both. We shall try to explain DQS design and implementation on both IPv4 and IPv6 headers. However, the focus is on IPv6 because of the application of the proposed technique on future high speed networks. Furthermore, issues like fragmentation and packet loss have a significant negative effect on reliability of the technique. Fragmentation for IP packets is not allowed in IPv6 [24] and as mentioned in section 1, we assume that the packet loss decreases to a negligible rate over the future networks.

To be able to have a flow of packets over the IP networks, the three following steps should be taken:

The first step is to construct a persistent routing loop on the delivery path for FIP (Floating IP) packets. This procedure can be performed only once in the network by configuring at least two routers over the loop path in order to forward the marked FIP packets to each other. For constructing the routing loop, techniques like Network Address Translation (NAT) [25], Static Route, and Tunnelling can be used. However, constructing a pre-planned routing loop is out of scope of this paper. In our previous works, we conducted a series of pilot studies to investigate the feasibility of constructing a routing loop and maintaining IP packets in the network for desired time [26, 27]. In this paper we only assume that when an initiator router sends a FIP packet on one of its interfaces, it receives the packet with small delay on the same interface.

A pre-agreed unique Differentiate Service (DiffServ) code point [27] is used for the FIP packets over the entire loop domain. IPv6 standard header contains two fields that carry QoS-related information. The first field is Traffic Class (TC) in IPv6 header (or previously Type of Service (TOS) in IPv4. This field has several different

standardizations in the literature but all of them aim to mark the packets for intermediate routers and enable them to provide a certain level of QoS for these packets. TC, when interpreted based on the definition in RFC-2474[27], is called Differentiated Service (DiffServ) field and its specific values are called Code Points. Using TC field, Packets are marked by initiator router whenever needed to be forwarded to the loop.

The third step is to prevent the packet from both early drop and infinite looping. The number of loop iterations for each individual FIP packet is controlled by the router that initiates the loop through resetting the Hop Limit (HL) field in the packet header. Hop Limit in IPv6 [24] header is identical to Time

to Live (TTL) in IPv4 [28] and its maximum is 255 (1Byte). Routers are required to reduce the HL by at least one when forwarding packets [29]. Any packet with zero HL will be discarded. In DQS, only for the first time the initiator router resets the HL of the FIP packet to a desired value (and changes the DiffServ) before forwarding it to the loop. HL value should be carefully selected with respect to the number of hops and the estimated loop delay.

3- DQS Design Model

Table 1 summarizes the characteristics of the DQS storage. Majority of the storage specifications depend on the network parameters.

Table (1): DQS Storage Specifications

Attribute	Value
Storage Type	Buffer -to temporarily store IP packets
Storage Application	Queue -distributed queue on the network
Storage Medium	Hardware -intermediate routers' local memory
	Network -Loop-delay dynamic capacity
Storage Capacity	Factor of the loop -dynamic & controllable
Storage Time	Limited -several nanoseconds to several seconds
Access Method	Frequently access -serial & periodical
Access Time	Factor of the loop -variable in a predictable range
Data Structure	Packet
Write Method	Routing -reroute to the loop
Read Method	Frequently access -serial & periodical
Removing Method	Routing -reroute from the loop or time-out
Reliability	Factor of the loop -depends on the network
Robustness	Factor of the loop -weak
Security	Factor of the loop -depends on the loop
Power Consumption	High

As can be seen from this table, the access method of the technique is serial. Reliability of the technique depends on the infrastructure of the network. The network that maintains the packet is the same network that carries the packet, and the risk of subsequent forwarding

of the packet is equal to the first time. One of the disadvantages of the technique is that any network failure in one of the links in the loop leads to immediate loss of the entire data. The DQS technique increases the power consumption and the traffic on the

intermediate routers and the links. Therefore the technique is desirable for the networks where power is not a critical issue. Using tunnelling as the loop construction technique provides security. The operations shown in Table 1 can be summarized as follows: whenever the router decides to maintain a packet in DQS queue, it forwards the packet to the loop (Write) and will frequently receive the packet (Read) in almost equal time slots. The packet is then queued locally, delivered to the destination, or expired (Removing) in the subsequent loop iterations.

4- DQS System Capacity

In this section we focus on the DQS storage capacity based on the model presented in Figure 1 and discuss the parameters that affect it based on both analytical model and simulation results. Then we compare the

results to validate the proposed model. The aggregation of the routers' memories in the loop introduces a static capacity, though the focus of our experiments is only on the dynamic capacity of the loop and the Total Number of the Packets (TNP) that can be kept in the routing loop excluding the traditional static/hardware memories.

4-1- Analytical Model

Initially we make several assumptions in this section to simplify our discussion. In the model presented in Figure 1, we assume that all routers and links are identical and routers have equal queue sizes. We divide DQS storage capacity into two parts: the routing loop-delay dynamic storage capacity and the aggregation of routers' queue in the loop.

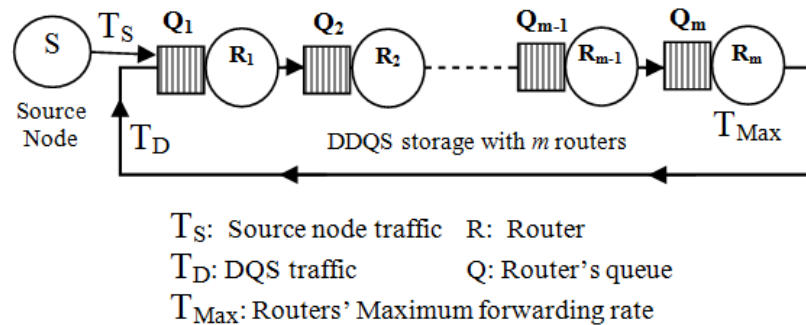


Figure (1): DQS Model for Capacity

First we focus on the loop dynamic storage capacity. In Figure 1, S is the Source Node, R_x and Q_x represent each router and its queue with index x . T_s is the traffic coming from S (Pkts/s). T_D is the DQS traffic which is redirected to the loop by R_m and periodically circulates the loop (Pkts/s). T_{Max} is the maximum forwarding rate of R_m (Pkts/s), and represents the maximum traffic in terms of the number of packets that can be handled by R_m and its immediate next link (also can be considered as available bandwidth in terms of

the number of packets). We define t_{RL} as the time it will take for one packet to circulate the complete Routing Loop (RL) in seconds (s). We assume that fragmentation and packet loss do not occur, since the basis of this model is on counting the number of packets. We assume that T_s is smaller than T_{Max} and T_{Max} is an integer multiple of it. The destination is removed from the figure as it is not involved in the storage model. The symbols are summarized in Table 2.

Table (2): Symbols and Definitions

S	Source Node
R_x	Router with index X
Q_x	Queue with index X
T_S	Traffic coming from the Source Node
T_D	DQS Traffic which is forwarded to the loop
T_{Max}	Maximum Traffic routers can forward (Pkts/s)
t_{RL}	Time it takes for a single packet to circulate the Routing Loop
$t_{Transit}$	Time since the DQS reaches the R1 for the first time until queuing starts
t_{SAT}	Aggregation of t_{RL} and $t_{Transit}$
D	Delay
m	Number of routers in the loop
TNP	Total Number of Packets
$QSize$	Size of the Queue

We consider a scenario in which S starts sending the traffic to the network and R_m redirects the whole receiving traffic back to the loop until R_l starts queuing and then dropping the incoming traffic. The objective is to add traffic to the loop until the network is saturated with the floating packets. We divide this period into the following five phases:
Phase 0: There is no traffic in the network. Routers are idle and R_l 's queue is empty.
Phase 1: S starts the traffic and R_l forwards the traffic from S .
Phase 2: DQS traffic traverses the loop and reaches R_l for the first time but still $T_S + T_D \leq T_{Max}$.
Phase 3: Aggregation of S and DQS traffic (Incoming traffic of R_l) exceeds the maximum forwarding rate (outgoing traffic of R_l). This

is the moment that R_l starts sending the packets to the queue ($T_S + T_D > T_{Max}, Q \neq 0$).
Phase 4: R_l 's queue becomes full and the router starts dropping the packets. Figure 2 summarizes the details of each phase.

Based on these phases we define $t_{Transit}$ as the time since the DQS reaches R_l for the first time until queuing starts. We calculate the above variables based on Total Delay (D_{total}) for the packet, which includes Queuing ($D_{Queuing}$), Processing ($D_{Processing}$), Transmission ($D_{Transmission}$) and Propagation ($D_{Propagation}$) Delays [30]. As $D_{Queuing} = 0$ for phases 1 and 2 ($T_S + T_D \leq T_{Max}$), the total delay of the loop can be obtained as follows:

$$D_{total} = D_{Processing} + D_{Transmission} + D_{Propagation} \quad (1)$$

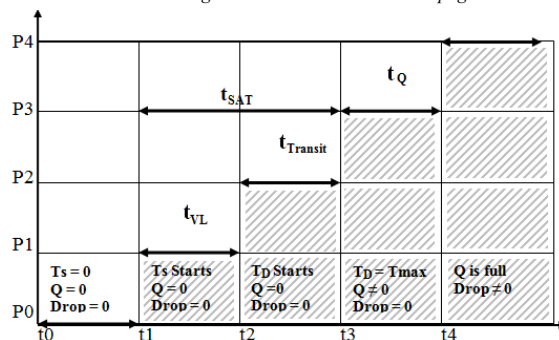


Figure (2): Saturation Phases

where the total delay with index i ($D_{total\ i}$) is the total delay of each router and its immediate next link. Then the time it will take for each packet to traverse the loop and return to R1 (t_{RL}) can be calculated based on the total delay of the loop as follows, where m is the number of hops:

$$t_{RL} = \sum_{i=1}^m D_{total\ i} \quad (2)$$

If we assume that all routers and links in the loop are identical, we can calculate t_{RL} as:

$$t_{RL} = m \times D_{total} \quad (3)$$

As we had assumed that T_{Max} is an integer multiple of T_s and since it takes n number of t_{RL} for T_s to reach T_{Max} , we can write:

$$t_{Transit} = \left(\frac{T_{Max}}{T_s} - 1 \right) \times t_{RL} \quad (4)$$

We also define t_{SAT} as the aggregation of t_{RL} and $t_{Transit}$ as shown in Figure 2:

$$t_{SAT} = t_{RL} + t_{Transit} \quad (5)$$

Therefore the Total Number of Packets (TNP) that can be kept in the network in the routing loop itself can be determined by equation (6) as follows (where t_{SAT} is the time it takes for the T_s to saturate the network):

$$TNP = t_{SAT} \times T_s \quad (6)$$

By replacing the $t_{Transit}$ and t_{SAT} from the equations (4) and (5), we have:

$$TNP = T_{Max} \times t_{RL} \quad (7)$$

The Maximum Capacity of the loop in terms of number of the packets is TNP. Equation 7 shows that the capacity of the loop in terms of the number of packets depends only on forwarding rate of the routers and total delay of the loop. This capacity does not involve routers' local memories. The maximum forwarding rate of the router and its immediate

link can also be considered as the maximum bandwidth of the path.

The second part of DQS capacity is the aggregation of routers' memory. Giving the floating packets the least possible priority makes them spend more time in other routers' queue. Based on Figure 2 with m routers and m queues, the total available queue capacity ($QSIZE_{total}$) in terms of number of the packets for R_m will be:

$$R_m.QSize_{total} = R_m.QSize_{local} + \sum_{i=1}^{m-1} R_i.QSize \quad (8)$$

where $R_m.QSize_{local}$ and $R_i.QSize$ are the local queue of R_m and the local queue of the router with index i , respectively. Based on equations (7) and (8) the total maximum available capacity for R_m (in terms of the number of the packets) based on the proposed approach and the illustrated model can be obtained from (9) as follows:

$$R_m.QSize_{total} = R_m.QSize_{local} + \sum_{i=1}^{m-1} R_i.QSize + T\lambda \quad (9)$$

However in practice this maximum is too idealistic and is not achievable, as the whole loop bandwidth cannot be dedicated to this technique. The resource consumption of DQS can be controlled based on equation (10) where T_{Max} can be defined as a percentage of the real forwarding rate (T_{real}). The overhead that this technique puts on the routers in the loop, in terms of processing is equal to T_{Max} .

$$T_{Max} = \frac{X}{100} \times T_{real} \quad (10)$$

At the beginning of this section we made a few assumptions to facilitate our discussion on the phases and to calculate the capacity. But equations (7)-(10) can be generalized to majority of the loops with identical routers and links. If routers and links in the loop have different characteristics, the pairs of a router and its next link with the smallest forwarding rate become the bottleneck. Therefore if we

consider the bottleneck router as R_m in the model presented in Figure 1, all equations will still be applicable. All of the presented equations are based on the total delay for a specific packet size and should be recalculated for each size separately if necessary.

4-2- Simulation Experiments and Results

In the simulation experiments, we focus on the loop dynamic storage capacity and follow the model presented in the previous section. The goal of the experiments in this section is to investigate the effect of different network parameters on this capacity and validate the presented analytical model. We have simulated the presented model shown in Figure 3 using OPNET Modeller [31]. Routers are connected to each other in a ring topology through full-duplex links with different number of hops in different cases. All routers and links are identical and the network is an IPv6 network. The routers construct a loop for the traffic which is coming from the Source using static route. We disabled the HL decrement in the IP forwarding module of all of the routers to prevent the packet expiration. The fragmentation for the packets is not

allowed and it is assumed that we exactly know how many packets we have in the loop at a time. The scenario and phases of the simulation is similar to the scenario presented in Figure 2.

Router C receives the traffic from the Source and adds it to the loop until C starts queuing and then dropping the incoming traffic which means that the network is saturated with the floating packets and no more packets can be injected to the loop. At the end of the simulation, we calculate the number of generated packets for the period between traffic start till queuing. In order to clearly observe the changes in different phases, we have increased the propagation delay per link from milliseconds to seconds and decreased the forwarding rate of the router by 10^3 (in comparison with real networks). We used the propagation delay as the measure for horizontal scale when presenting the results to make it identical scale for all graphs. This is to make the comparison easier, but in fact it is the total delay that is applied.

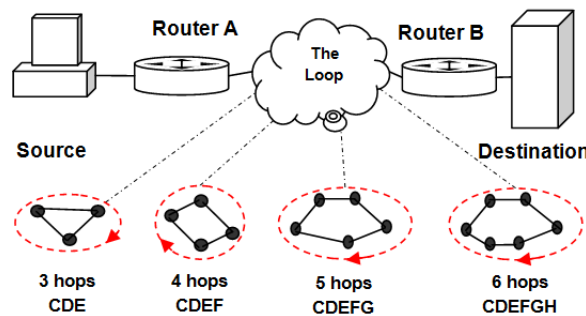


Figure (3): Simulated Network Topology

Similar to the presented analytical model, we ignore the packet loss and fragmentation as there is no queue or congestion in the loop boundaries. The packet sizes have been selected with respect to the Links' Maximum Transmission Unit (MTU).

Based on this scenario, we developed 35 different cases with different network parameters. We varied the number of hops, maximum forwarding rate of the routers, propagation delay, generation rate and the packet size. Table 3 lists the details of the parameters for each experimental case.

The queues of all routers in the loop are empty during the simulation time, except for C that receives both Source and loop traffics. This is expected as the routers are identical. Hence the incoming traffic of the routers in the loop never exceeds the outgoing traffic. Only C's queue starts growing after its incoming traffic exceeds its maximum forwarding rate.

4-2-1- Impact of Forwarding Rates on the Capacity

The first set of experiments consists of 10 experiments having two different forwarding

rates and variable delays (Cases 1 to 10). We varied the delay per link with the values of 0.1, 0.5, 2.5, 5 and 10s. The goal of these experiments is to investigate the effect of forwarding rate on the capacity. Figure 4 shows the impact of different forwarding rates on the capacity with respect to the variation of propagation delay per link. In all predicated series, the number of hops is six, packet generation rate is 4Pkts/s and the packet size is 1024B.

Table (3): Simulation constant and variable parameters

Case No	N. of hops	Maximum forwarding rate (Pkts/s)	Propagation delay per link (S)	Generation rate (Pkts/s)	Packet size (Bytes)
1	6	20	0.1	4	1024
2	6	20	0.5	4	1024
3	6	20	2.5	4	1024
4	6	20	5	4	1024
5	6	20	10	4	1024
6	6	10	0.1	4	1024
7	6	10	0.5	4	1024
8	6	10	2.5	4	1024
9	6	10	5	4	1024
10	6	10	10	4	1024
11	6	10	15	4	1024
12	6	10	5	4	1024
13	5	10	5	4	1024
14	4	10	5	4	1024
15	3	10	5	4	1024
16	6	10	10	4	1024
17	5	10	10	4	1024
18	4	10	10	4	1024
19	3	10	10	4	1024
20	6	10	2.5	2	1024
21	6	10	5	2	1024
22	6	10	10	2	1024
23	6	10	15	2	1024
24	6	20	2.5	4	512
25	6	20	5	4	512
26	6	20	10	4	512
27	6	40	2.5	4	256
28	6	40	5	4	256
29	6	40	10	4	256
30	6	91	2.5	4	64
31	6	91	5	4	64
32	6	91	10	4	64
33	6	20	2.5	16	1024
34	6	20	5	16	1024
35	6	20	10	16	1024

As can be seen from the series of 10Pkts/s forwarding rate, with increasing the delay per link from 0.1s to 10s, the capacity (Total Number of the Packets (TNP) that can be kept in the network) increases from approximately 30 packets to 600 packets. It can be similarly inferred from the 20Pkts/s series, since the capacity of 20Pkts/s forwarding rate series increases from around 50 packets to 1200 packets. A comparison between two series shows that by doubling the forwarding rate from 10Pkts/s to 20Pkts/s, the capacity doubles. For example for 2.5s propagation delay, doubling the forwarding rate from 10Pkts/s to 20Pkts/s almost doubles the forwarding rate from 166 packets to 366 packets. Similarly for the total delay of 60s and with 10Pkts/s forwarding rate the capacity is approximately 600 packets and for the total delay of 60s and with the 20Pkts/s forwarding rate, the capacity is approximately 1200 packets.

4-2-2- Impact of Generation Rate on the Capacity

The second set of experiments consists of 12 experiments (cases 3-5, 8-10, 20-22 and 33-35) having three different generation rates (2Pkts/s, 4Pkts/s and 16Pkts/s), two different forwarding rates (10Pkts/s and 20Pkts/s), and three variable delays (2.5, 5 and 10s). Figure 5 compares the results obtained from these 12 different experiments. In all predicated series, the number of hops is 6 and the packet size is 1024B. The goal of this experiment is to investigate the effects of generation rate and forwarding rate on the capacity with respect to the delay.

In the first series the packet generation rate is 4Pkts/s and the packet forwarding rate on the routers is 10Pkts/s (Gen 2Pkts/s, Frwr

10Pkts/s). In the second series, the packet generation rate is 4Pkts/s but the forwarding rate remains the same (Gen 4Pkts/s, Frwr 10Pkts/s). In the third series the forwarding rate is 20Pkts/s (Gen 4Pkts/s, Frwr 20Pkts/s) and in the last case the generation rate is 16 and the forwarding rate 20 (Gen 16Pkts/s, Frwr 20Pkts/s). For (Gen 2Pkts/s, Frwr 10Pkts/s), when the delay per link is 2.5s, the capacity is 186 packets. Increasing the delay from 2.5s to 5s and 10s increases the capacity to 336 packets and 636 packets, respectively. Similarly all other predicated series clearly show that the capacity has a linear relation with the total delay as it was discussed on the previous graph. As the comparison between (Gen 2Pkts/s, Frwr 10Pkts/s) and (Gen 4Pkts/s, Frwr 10Pkts/s), and similarly the comparison between (Gen 4Pkts/s, Frwr 20Pkts/s) and (Gen 16Pkts/s, Frwr 16Pkts/s) show, decreasing the generation rate slightly increases the capacity. This is due to the behaviour of the queues and the processing model of the routers in the simulator. However, the impact is negligible. In the analytical model we showed that the generation rate has no effect on the capacity.

4-2-3- Impact of the Number of Hops on the Capacity

The third set of experiments consists of 8 experiments with fixed generation rates (4pkts/s), fixed forwarding rates (10Pkts/s) and variable number of hops (Cases 12-19 in the table). The scenario has been repeated for 5s and 10s delay per link and the packet size is set to be 1024B. The goal of these experiments is to investigate the effect of the number of hops on the capacity with respect to the delay.

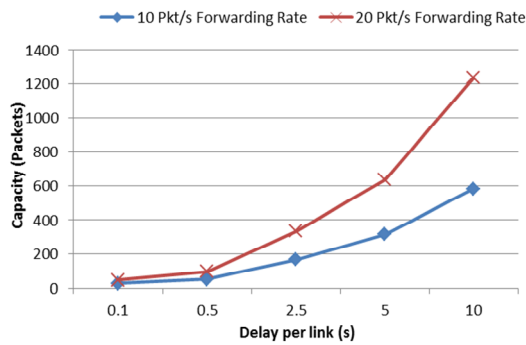


Figure (4): Impact of Delay and Forwarding Rate on the Capacity

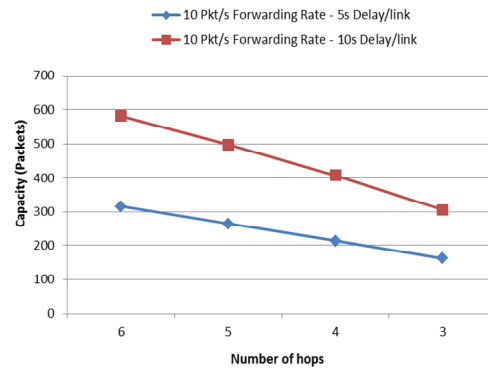


Figure (6): Impact of the Number of Hops on the Capacity

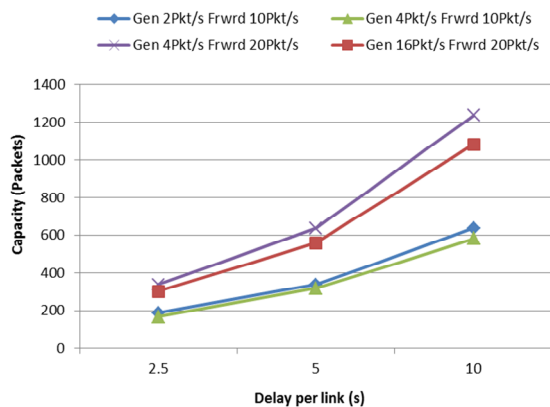


Figure (5): Impact of Generation Rate on the Capacity

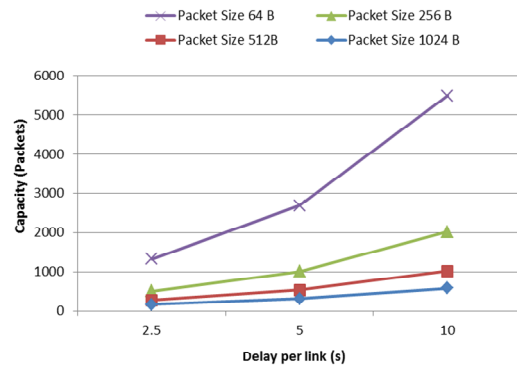


Figure (7): Impact of the packet size on the Capacity

In Figure 6, we have compared the results obtained from these experiments. In all predicated series, the forwarding rate is 10Pkts/s and the packet size 1024B. We compared two series with two different delays per link (5s and 10s) with respect to the variation of the number of hops. As is shown, since decreasing the number of hops decreases the total delay, it considerably reduces the capacity. With 5s propagation delay per link, decreasing the number of hops from 6 to 5, 4 and 3 decreases the capacity from 316 packets to 264, 214 and 162 packets, respectively.

4-2-4- Impact of Packet Size on the Capacity

The fourth set of experiments consists of 12 cases (cases 8-10 and 24-32) and aims to investigate the effect of packet size on the capacity with respect to the variation of delay per link. We have repeated the experiment for packet sizes 64B, 256B, 512B and 1024B with

respect to 2.5s, 5s and 10s delay per links. In all cases, the number of hops is 6 and the generation rate is 4Pkts/s. The delay per link varies from 2.5s to 10s. However since the packet size changes, the forwarding rate of the routers varies for different packet sizes, although the configuration of the routers remains the same.

Figure 7 shows the impact of changing packet size on the capacity. For 2.5s propagation delay per link and 64B packet size, the capacity is 1327 packets. With 256B packet size the capacity is 515 packets. Similarly, with 512B packet size the capacity is 279 and for 1024B it is 166 packets. These results show that the capacity has almost an inverse linear relation with packet size and decreasing the packet size increases the capacity significantly in terms of the number of packets.

4-2-5- Comparison between Analytical Results and Simulation Results

Figure 8 compares the results obtained from the simulation with the results obtained from the analysis based on the model for the 35 cases presented in Table 3.

As an example, the total number of the packets that can be kept in the network in case 5 is 1236 packets based on the simulation and 1212 packets based on the model. Amongst the cases, the maximum capacity is related to

case 32 with 64B packet size, 10s delay per link, 91pkts/s forwarding rate, 6 hops and 4pkts/s generation rate. This case has the smallest packet size (which leads to the highest forwarding rate), longest propagation delay per link and highest number of hops (which leads to the highest total delay). Therefore, the Total Number of the Packets (TNP) is 5460 packets based on the model. The capacity for this case based on the simulation is approximately 5490 Packets.

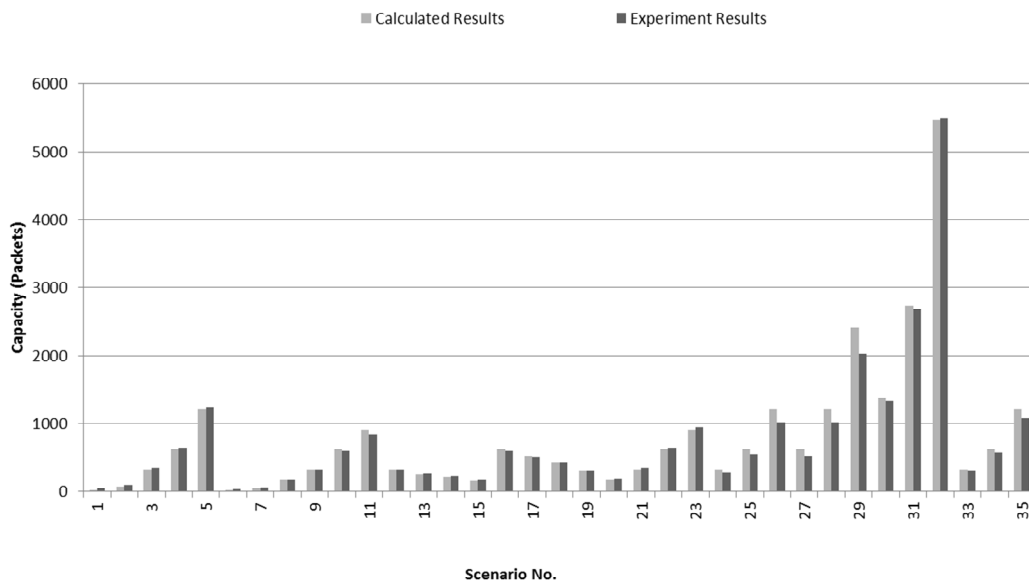


Figure (8): Comparison between Simulation Results and Analytical Model Results

5- The Challenges in DQS Scheme

One of the major concerns regarding the proposed DQS is the trade-off between the advantage of achieving decreased packet drops and the drawback of having overheads in the access networks. The goal of the DQS is to save the otherwise discarded packets. Although the size of other network storages increases rapidly while the costs are falling, the speed of the advancements in the storage technologies is not comparable to the network resource requirements [2]. Furthermore the IPv6 protocol expects the routers to keep track of each of millions of flows passing through them every hour [32]. DQS enables router to have a dynamic memory pool. DQS is

scalable with as large as any network like Internet. The reason is that the DQS capacity depends on the network and therefore the greater is the network, the greater is the capacity.

According to the IP protocol [24, 28], if a router discards an IP packet, no effort is made during the time-out period of the Transport layer protocol to retrieve it. Therefore, maintaining the packet in the network within the time of TCP/UDP time-out is transparent to the upper layers. After this period the sender is forced to retransmit the packet which leads to increasing the bandwidth consumption in the whole delivery path. The bandwidth is a scarce resource in the network,

but in the case of DQS the trade-off is between the bandwidth consumption on the whole multi-provider delivery path, and fairly high bandwidth consumption in the domain of a single provider access network. The maximum overhead of the technique on the bandwidth of the network is a portion of incoming traffics. When the traffic has the lowest priority, each intermediate router in the loop can independently decide whether to discard the looping packets (in case of insufficient queue space or congestion), or to still continue forwarding them. The intermediate routers cannot initiate a new loop for the looped FIP packet, as it is marked with DiffServ. The bandwidth consumption should be carefully engineered based on the network parameters and available resources. The increase in the ratio between the time-out of upper layer and the loop total delay will increase the bandwidth and power consumption, but at the same time it increases the chance of packet delivery.

Finally, we showed that the forwarding power of the routers and the network delay can be converted to a virtual storage capacity in terms of number of the packets/Bytes. In the future networks, this storage can be considered as a potential optional solution in particular applications in cases that the speed of network and its available bandwidth exceeds the speed and capacity of traditional storages and the storage (e.g. I/O) becomes a bottleneck for the network.

6- Conclusion and Future Work

In this paper, we proposed a technique that utilizes the routing loop to construct a dynamic queue storage for IP packets. Based on our experiments' results, we showed that the IP packets can be stored/ buffered in the network in the form of a traffic flow even in absence of static/traditional queue memories. Moreover, it is shown that the system capacity depends on the packet size, the total delay of the packet in the loop and the maximum forwarding rate of the routers. This capacity of

the system can be used dynamically in addition to the routers' memories to form a distributed shared queue. Comparison between the simulation and analytical results validated the proposed model as the trend was identical. This technique can be used in the future IP networks to prevent the packet drops which occur due to storage limitation in the routers by sending the delay-tolerant packets backward or forward to neighbour networks and receive them at a later stage instead of early discard. Similarly, the temporary out of coverage problem in the wireless/mobile networks can be addressed by circulating the packets over neighbour access networks. The processing overhead, bandwidth usage and the time that the packets can be kept in the network are manageable. One of the main advantages of the technique is that it enables heterogeneous networks to share their resources using the common IP protocol. This is, however, achieved with the cost of increasing power and bandwidth consumption on the access networks.

There are several issues and challenges that should be addressed in the future regarding utilization of this technique. The details of the loop construction mechanisms for DQS should be addressed in the future works. Another problem which may occur is that when failures happen in the network, the contents may be lost. This may give rise to the need for a technique to retrieve the data in such circumstances. Investigating the efficiency of the technique on a real test-bed and with presence of the real network traffics is another issue that needs a thorough study by researchers. Other applications of the proposed technique, such as applying it in network measurement and carrying shared information (e.g., routing and time server information), also require investigation.

Acknowledgement

The authors would like to express their gratitude to Professor KaharudinDimiyati for providing the access to OPNET laboratory of

Universiti Malaya and for his support and

assistance in carrying out this research.

References

1. A. L. Chiu, *et al.*, "Network Design and Architectures for Highly Dynamic Next-Generation IP-Over-Optical Long Distance Networks," *Lightwave Technology, Journal of*, vol. 27, pp. 1878-1890, 2009.
2. J. Gripp, *et al.*, "Optical switch fabrics for ultra-high-capacity IP routers," *Lightwave Technology, Journal of*, vol. 21, pp. 2839-2850, 2003.
3. B. A. Movsichoff, *et al.*, "End-to-End Optimal Algorithms for Integrated QoS, Traffic Engineering, and Failure Recovery," *Networking, IEEE/ACM Transactions on*, vol. 15, pp. 813-823, 2007.
4. L. Guan, *et al.*, "Discrete-time performance analysis of a congestion control mechanism based on RED under multi-class bursty and correlated traffic," *Journal of Systems and Software*, vol. 80, pp. 1716-1725, 2007.
5. W. Chen and S.-H. Yang, "The mechanism of adapting RED parameters to TCP traffic," *Computer Communications*, vol. 32, pp. 1525-1530, 2009.
6. L. Wang, *et al.*, "Bounds estimation and practical stability of AIMD/RED systems with time delays," *Computer Networks*, vol. 54, pp. 1069-1082, 2010.
7. M. H. Yaghmaee, *et al.*, "Design and performance evaluation of a fuzzy based traffic conditioner for differentiated services," *Computer Networks*, vol. 47, pp. 847-869, 2005.
8. S. Weber and G. d. Veciana, "Flow-level QoS for a dynamic load of rate adaptive sessions sharing a bottleneck link," *Computer Networks*, vol. 51, pp. 1981-1997, 2007.
9. Y. Jiang, "Delay bound and packet scale rate guarantee for some expedited forwarding networks," *Computer Networks*, vol. 50, pp. 15-28, 2006.
10. M. Frey, "Responsive buffers--properties in the fluid flow limit," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 343, pp. 137-151, 2006.
11. B. Wang, *et al.*, "Subsidized RED: an active queue management mechanism for short-lived flows," *Computer Communications*, vol. 28, pp. 540-549, 2005.
12. F. Ren, *et al.*, "A robust active queue management algorithm in large delay networks," *Computer Communications*, vol. 28, pp. 485-493, 2005.
13. K. Kong, *et al.*, "Mobility management for all-IP mobile networks: mobile IPv6 vs. proxy mobile IPv6," *IEEE Wireless Communications*, vol. 15, pp. 36-45, April 2008.
14. H. Chen and Y. Xiao, "Cache access and replacement for future wireless internet," *IEEE Communications Magazine*, vol. 44, pp. 113-123, May 2006.
15. K. Dae-young and C. Jinsung, "Active caching: a transmission method to guarantee desired communication reliability in wireless sensor networks," *Communications Letters, IEEE*, vol. 13, pp. 378-380, 2009.
16. A. Agarwal, *et al.*, "All-optical erasable storage buffer based on parametric nonlinearity in fiber," in *Optical Fiber Communication Conference and Exhibit, 2001 (OFC 2001)*, 2001.
17. P. C. Ku, *et al.*, "Variable semiconductor all-optical buffer," *Electronics Letters*, vol. 38, p. 1581, 2002.
18. F. Songnian, *et al.*, "Design of SOA-based dual-loop optical buffer with a 3 × 3 collinear fiber coupler: guideline and optimizations," *Lightwave Technology, Journal of*, vol. 24, pp. 2768-2778, 2006.
19. L. Aiming, *et al.*, "Dual-loop optical buffer (DLOB) based on a 3 × 3 collinear fiber coupler," *Photonics Technology Letters, IEEE*, vol. 16, pp. 2129-2131, 2004.
20. R. Langenhorst, *et al.*, "Fiber loop optical buffer," *Lightwave Technology, Journal of*, vol. 14, pp. 324-335, 1996.
21. M. F. Yanik and S. Fan, "Stopping light all optically," *Physical review letters*, vol. 92, pp. 92-96, 2004.
22. F. Liang and K. Hakuta, "Slow light produced by far-off-resonance Raman scattering," *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. 9, pp. 93-101, 2003.
23. C. Huitema, *IPv6: the new Internet protocol*. Upper Saddle River, NJ 07458: Prentice Hall PTR, 1998.

24. S.Deering and R.Hinden, "**Internet protocol version 6 specification,**" IETF RFC-2460, Dec 1998.
25. S. R. Kamel, *et al.*, "**Data Storage as a new perspective of future IP networks,**" in *IEEE 9th Malaysia International Conference on Communications*, Kuala Lumpur, Malaysia, 15 -17 December 2009 pp. 539-542.
26. S. R. Kamel, *et al.*, "**Using IP Networks as a Deviceless Storage for Future Portable Computers,**" in *International Conference on Computer & Communication Engineering*, Kuala Lumpur, Malaysia, 11st-13th May 2010, pp. 488-493.
27. K.Nichols, *et al.*, "**Definition of the differentiated services field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 headers,**" IETF RFC-2474, Dec 1998.
28. F.Baker, *et al.*, "**Internet protocol,**" IETF RFC-791, Sep 1981.
29. R.Braden, "**Requirements for Internet hosts - communication layers,**" IETF RFC-1122, Oct 1989.
30. N.V.Mnisi, *et al.*, "**Active throughput estimation using RTT of differing ICMP packet sizes,**" in *Third International Conference on Broadband Communications, Information Technology & Biomedical Applications*, 2008 pp. 480 - 485
31. (2008/06/10). *OpNet modeler*. Available: <http://www.opnet.com>.
32. C. Hu, *et al.*, "**Dynamic queuing sharing mechanism for per-flow quality of service control,**" *Communications, IET*, vol. 4, pp. 472-483, 2010.

Synthesis and Optimization of Human Serum Albumin Nanoparticles for Drug Delivery Application

Rabeah Mehravar^{*a}, Mohsen Jahanshahi^a

^aDepartment of Chemical Engineering, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

Abstract

In recent years, the application of protein nanoparticles has become of more and more interest to the pharmaceutical industry. In this study, Human Serum Albumin (HSA) was used for the synthesis of nanoparticles by desolvation method for application in drug delivery system because of biodegradability, owing to the high capacity of drug loading and nontoxicity. Moreover, the effects of different parameters i.e. pH, HSA concentration, agitation speed, glutaraldehyde concentration, organic solvent adding rate, the ratio of organic solvent/HSA solution were examined in this research and Taguchi method with L_{16} orthogonal array was implemented to optimize experimental conditions. The best parameters for nanobioparticles production were obtained at pH=9, HSA concentration: 75 mg.ml^{-1} , ethanol adding rate: 1.5 ml.min^{-1} and the ratio of organic solvent/HSA solution: 4. Under these conditions, the software predicted the 46.625 nm for HSA nanoparticle size, which, in experiment 53 nm, was achieved for the nanoparticles. With respect to our study, the synthesis of human serum albumin nanoparticles was carried out for the first time and to the best of our knowledge, no reference has been found in the literature about using Taguchi method for optimization of HSA nanoparticles up to now.

Keywords: drug delivery, nanoparticles, HSA, desolvation method, optimization, Taguchi method

Predicting Successful Neurofeedback Training using EEG Signals of Primary Sessions

Majid Ghoshuni^{*a}, Mohammad Firoozabadi^b, Mohammad Ali Khalilzadeh^c, Mohammad Reza Hashemi Golpayegani^d

^aDepartment of Biomedical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

^bMedical Physics Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

^cDepartment of Biomedical Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

^dDepartment of Biomedical Engineering, Amir Kabir University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Neurofeedback has an important role in the improvement of cognitive performance in both clinical and healthy individuals. In a neurofeedback process, the person learns how to self-regulate their brain activity and tries to alter their mental state to achieve a desirable brainwave patterns. However, some individuals never learn how to modify their brain activities through neurofeedback training. In this study, we grouped participants as “performers” or “non-performers”, based on their ability or inability to modify their brain activity. Then, with feature extraction from early training sessions and using a classifier, performers were classified from non-performers. The results showed that using multilayer perceptron neural network and with two features extracted from EEG signals of fourth neurofeedback session, with 94% accuracy on training data and 82.5% accuracy on test data, performers can be distinguished from non-performers.

Keywords: Neurofeedback, Prediction, Successful Training

*Corresponding Author

Department of Biomedical Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Email: ghoshuni@mshdiau.ac.ir

A New Method to Process the Signals of Wireless Sensors in an Electronic Control Unit of Engine (ECU)

Abazar Barzegar^{*a}, S. Mohsen Moosavi^b

^aDepartment of Computer Engineering, Neyriz Branch, Islamic Azad University, Neyriz, Iran

^bDepartment of Mechanical Engineering, Neyriz Branch, Islamic Azad University, Neyriz, Iran

Abstract

The use of electronic control systems in automobiles has grown rapidly in recent decades. Today almost all systems are electronic. Without these systems, today's cars simply would not be operational. In this paper, a new method is proposed to process the signals of wireless sensors in an ECU faster; hence, we can use more sensors to control the operation of engine more precisely. To verify it, the ECU of Pride Model (ci 5) is reprogrammed with the proposed algorithm and the process time is compared to that of the old algorithm. The results show that the process time is reduced very much.

Keywords: sensors, CAWT, ECU, algorithm

A Novel Approach for Controlling Mobile Sink in Hierarchical Wireless Sensor Network

Mohamad Hossein Yaghmaee Moghaddam^a, Farzad Tashtarian^{*b}, Sohrab Effati^c

^aDepartment of Computer Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

^{b,c}Department of Computer Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

Remarkable lifetime improvement has been revealed by controlling sink movement in Wireless Sensor Network (WSN). This paper proposes a framework to be utilized in deadline-based and constant bit rate applications for maximizing lifetime of WSN where a sink can move in the network, freely. By dividing all sensor nodes into clusters, a Mini Data Collector (MDC) node which is responsible for data collection is selected in each cluster; then, the mobile sink must harvest sensory data from each MDC at some Harvesting-Points (HPs) in a specific deadline. Optimal transmission range and sending time of MDCs is strictly related to the prescribed deadline which is purely perceived as criticalness level of applications. Proposing a Mixed Integer Linear Programming (MILP) analytical model for maximizing lifetime of WSN in deadline-based applications through designing sink trajectory and determining mobile sink sojourn time at harvesting-points is the novelty of this paper. Comprehensive investigation on proposed algorithm parameters has been accomplished in simulation section and the proposed algorithm superiority to the stationary sink scheme and predefined trajectory algorithms has been revealed.

Keywords: Wireless Sensor Network; mobile sink; deadline-based application and MILP model

***Corresponding Author**

Department of Computer Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Email: tashtarian@yahoo.com

Fuzzy Detection of Destructive Attacks on Web Applications Based on Hidden Markov Models Ensemble

Mohammad Geraily^{*a}, Majid Vafaijahan^b, Saeed Rahati Quchani^c

^{a,b}Department of Computer Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

^cDepartment of Electrical Engineering, Islamic Azad University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

This paper presents a system, which detects malicious HTTP request and obtains the lowest false-positive rate with high detection rate. For this purpose, each extracted feature of a HTTP request is modeled by multiple hidden Markov models as a classifier ensemble. HMMs outputs of an ensemble are fused to produce a probabilistic value, showing normalcy of corresponding feature. In this system, instead of a threshold, a fuzzy inference is applied to produce a flexible decision boundary. So, fuzzy sets and rules of decision module are formed manually; next, output of each HMM ensemble is converted into a fuzzy value with respect to fuzzy sets. Finally, a fuzzy inference engine uses these values to produce output that indicates whether the HTTP request is normal or abnormal. Experiments show that this approach is flexible and has acceptable accuracy in detecting requests close to the decision boundary, and false-positive rate is 0.79%.

Keywords: hidden Markov model ensemble, fuzzy inference, multiple classifier, fusion, soft boundary, detection rate, false positive rate

Distributed Queue Model for Non Real-Time Traffic Storage in the Future IPv6 Networks

Seyed Reza Kamel Tabbakh Farizani^{*a}

^aDepartment of Computer Software Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

Abstract

In the future Internet, due to the extensive Quality of Service (QoS) and traffic/flow management schemes developed for real-time traffics, the packet drops that occur in the non real-time and delay tolerant traffics increase significantly especially over the access networks. Furthermore temporary out of coverage which is common in wireless and mobile networks also leads to early packet drops. This packet drops in turn, cause considerable degradation of performance especially for large packets and over the long paths due to retransmission in upper layer. To address this issue, we propose the Distributed Queue Storage (DQS) for delay-tolerant traffics. This technique utilizes a preconfigured routing loop in order to construct a virtual storage over the queues of all routers in the loop. Therefore instead of early drop, non real-time and delay tolerant traffics can be sent backward or to the neighbor networks which have considerable resources compared to the network which is the next destination of the packet, to be returned to the router with some delay. We present the DQS model and focus on its loop-delay storage dynamic capacity. The parameters that affect this capacity are also discussed. In addition, we show that the loop-delay dynamic capacity only depends on the forwarding rate of the routers and the loop delay.

Keywords: Dynamic Storage . Distributed Queue . Hop Limit .IPv6 . Routing Loop . Non Real-time Traffic

*Corresponding Author

Department of Computer Software Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran
Email: rezakamel@computer.org

دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

راهنمای اشتراک

خواهشمند است قبل از پر کردن برگه درخواست اشتراک به نکات زیر توجه فرمائید:

- ۱- بهای اشتراک هر تک شماره ۱۵۰۰۰ ریال و هر چهار شماره ۵۰۰۰۰ ریال است.
- ۲- وجه اشتراک به حساب سیبا ملی ۰۱۰۳۸۶۰۳۸۶۰۰۰ به نام دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد واریز و فیش بانکی به همراه فرم اشتراک تکمیل شده به آدرس مجله ارسال شود.
- ۳- نشانی کامل و خوانا همراه با کدپستی درج شود.
- ۴- تخفیف ویژه حق اشتراک برای اعضای هیأت علمی و دانشجویان با ارسال تصویر کارت شناسایی برای اعضای هیأت علمی یا کارت دانشجویی برای دانشجویان ۵۰٪ می باشد.
- ۵- لطفاً تصویر فیش بانکی تا زمان تأیید اشتراک نگهداری شود.

نشانی: مشهد - قاسم آباد - بلوار امامیه - دانشکده مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی - دبیرخانه مجله

سندوق پستی: ۴۱۳-۹۱۷۳۵ تلفن: ۰۵۱۱-۶۶۲۵۰۵۵

آدرس سایت: www.js.mshdiau.ac.ir/jte پست الکترونیکی: tejournal@mshdiau.ac.ir

برگه درخواست اشتراک

قبلاً مشترک بوده‌ام مشترک جدید هستم

شماره اشتراک (در صورتی که قبلاً مشترک بوده‌اید)

نام کتابخانه اشتراک کتابخانه

نام سازمان اشتراک شرکت، سازمان، موسسه

نام و نام خانوادگی اشتراک شخصی

نشانی دقیق:

کدپستی:

به پیوست رسید بانکی شماره:

بابت هر چهار شماره / تک شماره:

از هر شماره نسخه، شروع اشتراک از شماره ارسال می‌شود.

نام و نام خانوادگی درخواست کننده:

امضاء:

Biannual Journal of Information Technology on Engineering Design

Islamic Azad University, Mashhad Branch

ISSN 1735-1985

Volume 6, Number 1, Spring & Summer 1392

Publish Date: Summer 1393

Scientific and Research

Accredited by Islamic Azad University Journal Accreditation Commission

License Holder: Islamic Azad University, Mashhad Branch

President: H. Ahmadi Torshizi

Editor in Chief: M. A. Khalilzadeh

Executive Manager: M. Jalali

Experts: M. hanaei

Editorial Board:

H. Ahmadi Torshizi: Assistant Professor, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran

M. Jalali: Assistant Professor, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran

M.A. Khalilzadeh: Associate Professor, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran

Kh. Maafinezhad: Professor, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

M. Molavi: Professor, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

M. NaqibZadeh: Professor, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

R. Qazi: Professor, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

S. Rahati-Qouchani: Associate Professor, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran

M. Vafaei Jahan: Assistant Professor, Islamic Azad University, Mashhad Branch, Iran

Text Editor: Z. Rahbarniya (Persian)

Typist & Cover Design: N. Esmailii

Office Address: Islamic Azad University, Mashhad Branch, Qasem Abad, Technical Engineering
Journal Office, P. O. Box 91735-413, Mashhad, Iran

Published by: Entesharat Sokhan Gostar

Site Address: www.js.mshdiau.ac.ir/jte

E-Mail: tejournal@mshdiau.ac.ir

0513-6625055 -+98 Tel & Fax: